

Studie über die Construction, Beanspruchung und Defecte der Locomotivkessel.

Von

Edmund Wehrenfennig,

Ingenieur der österreichischen Nordwestbahn.

(Nach seinem in der Fachversammlung der Maschinen-Ingenieure am 13. November 1878 gehaltenen Vortrage.)

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 28.)

Es sei der nächste Zweck dieses Aufsatzes, einige der bei Kesseluntersuchungen gewonnenen Resultate der Beurtheilung der geehrten Fachgenossen vorzulegen und weitere Forschungen hierüber anzuregen.

Um nicht zu weitläufig zu werden, müssen wir zu dieser Studie eine ganz bestimmte Kesselgattung wählen, und entscheiden wir uns für die Locomotivkessel, da diese vermöge ihrer complicirteren Construction eine grosse Mannigfaltigkeit der Defecte aufweisen, deren Studium darum besonders instructiv ist, weil die allgemeinen Constructions-Verhältnisse bei dieser Gattung Kessel unter sich sehr ähnlich, die einzelnen auf Bildung von Defecten Einfluss nehmenden Details aber immerhin wesentlich verschieden sind, so dass genügendes Material zur Auffindung etwaiger Gesetzmässigkeiten in den Erscheinungen vorliegt.

Unter den Locomotivkesseln selbst wählen wir speciell die Locomotivkessel mit Deckenstehbolzen und kupferner Feuerbüchse, da diese Kessel-Construction jetzt eine der meist angewendeten ist.

Von allen auf den guten Zustand eines Locomotivkessels Einfluss nehmenden Factoren, wie gute Construction, Güte des zur Anfertigung der Kesseltheile verwendeten Materiales, sorgfältige Anarbeitung desselben, gutes Speisewasser, gutes Feuerungsmaterial, richtige Behandlung durch das Bedienungspersonal, nehmen unstreitig die Construction, das Material und dessen Anarbeitung den ersten Platz ein, denn diese sind, einmal gegeben, unveränderliche und bleibende Eigenschaften des Kessels.

Der Dampfdruck kann ermässigt, das Speisewasser kann gereinigt, anstatt z. B. schwefelhaltiger, kurzflämmiger Kohle kann ein die Wände nicht angreifendes Brennmateriale genommen, auf richtige Behandlung durch das Personal kann eingewirkt werden; das Material, die Anarbeitung und die Construction aber können nach Inbetriebsetzung eines Kessels nicht mehr geändert werden.

Wenn nun die Thatsache in's Auge gefasst wird, dass das Material in den letzten Jahren bedeutend an Güte verloren hat, wie dies z. B. in den technischen Referaten des Vereines deutscher Eisenbahn-Verwaltungen und in den Sitzungen des Verbandes der deutschen Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine*) etc. zur Genüge dargethan wird, so ist dies für den Kesselbenützer ein Fingerzeig, dass bei den gegebenen Verhältnissen des Betriebes und bei anerkannt guten Arbeitsausführungen bewährter Firmen eine grössere Lebensdauer der Kessel in erster Linie von dem Constructeur abhängt.

*) Vortrag des Herrn Weinlig, Director des Magdeburger Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereines, gehalten in Dresden im Juni 1875.

In welcher Richtung nun Verbesserungen der Construction angestrebt werden müssen, soll in Folgendem durch Betrachtung der inneren Vorgänge im betriebenen Kessel zu zeigen versucht werden.

Betrachten wir in Fig. 1 (Blatt 28) den gesammten, äusseren Kesselmantel (M) und die vom Feuer direct bespülten inneren Theile desselben: Box (B) und Rohre (R), so sehen wir ein, dass durch die von Temperatur und Material abhängige Streckung dieser beiden letzteren auf die äusseren Kesselwandungen Pressungen ausgeübt werden.

Parallel zur Kesselachse ($X Y$) sind diese nun gegen die Rauchkasten-Rohrwand einerseits und die Stehkessel-Hinterwand anderseits gerichtet.

Diese Wände werden daher zum Ausfedern gebracht, aber Box und Rohre, sowie die zwischen Stehkessel- und Feuerbox-Hinterwand eingeschalteten Stehbolzen werden auch entsprechend dem ausgeübten Schub auf sich selbst rückwirkende Beanspruchungen erfahren.

Diese Schubwirkungen sind um so grösser, je grösser die Ausdehnung der vom Feuer berührten Kessel-Innentheile gegenüber den äusseren Kesselplatten ist, und da diese Ausdehnungen von der aus dem Feuerraum in den Wasserraum übergehenden Wärme und dem, dem Material eigenthümlichen, Ausdehnungs-Coëfficienten abhängen, also auch je schlechter das Speisewasser und die Wartung, je intensiver die locale Einwirkung des Feuerungs-Materiales und je verschiedener die Ausdehnungs-Coëfficienten der Box und Rohre einerseits und der äusseren Kesselplatten anderseits sind.

Da nun aber die kupferne Feuerbox-Rohrwand zwischen der vorderen Rohrwand und der Stehkessel- und Feuerbox-Hinterwand eingeschaltet ist, wird durch sie dieses Gegenstemmen des Rohrbündels und der Feuerbox gegen die extremen Wände einigermassen gemildert, aber nicht vollständig aufgehoben, namentlich nicht an dem Umfange des Rohrbündels und nicht in den hinteren, äussersten Stehbolzenreihen.

Es finden sich daher vorzugsweise nahe dem Umfange dieser Wände die Angriffspunkte des Feuerbox- und Rohrschubes.

Nach häufiger Wiederholung der Beanspruchungen und bei nachgiebigen Verankerungen treten Deformationen der Wände, bei steifen Verankerungen aber auch oft weitergehende Zerstörungen auf, die an den Biegungslinien oder an, respective in den Anheftpunkten als Risse oder rillenförmige Ausfressungen, letztere namentlich bei Zutritt von Wasser, bald zum Vorschein kommen.

In der That sehen wir auch im Laufe der Zeit die Rohrwände und die Stehkessel-Hinterwände, letztere im oberen Theil, im Sinne des Feuerbox- und Rohrschubes (respectively Dampfdruckes) ausgebaucht und die Rohrwände erscheinen nur dann im gegentheiligen Sinne durchgebogen, wenn die Rohre öfter undicht werden.

Wie so das Undichtwerden der Rohre eine Einbauchung der Rohrwände erzeugen kann, möge gleich an dieser Stelle erläutert werden.

Das Undichtwerden der Rohre hat, eine richtige Manipulation beim Einziehen derselben vorausgesetzt, folgende Hauptursache:

Der im Rahmen ziemlich steifer Eckabbügel eingeschlossene, ebene Theil der kupfernen Rohrwand wird durch die Wärme ausgedehnt, kann jedoch, wegen der nur schwer nachgebenden Einrahmung, dieser Ausdehnung nicht folgen und muss sich daher entweder in bestimmter Richtung generell oder local ausbeulen oder derart stauchen, dass die Rohrlöcher deformirt (unrund) werden.

Diese Deformation der Rohrlöcher theilt sich nun den Rohr-Enden mit und es werden diese im angeheizten Zustande des Kessels sich in einem gepressten Zustande befinden und nachgeben.

In dem Momente nun, wo durch Sinken der Temperatur in der Feuerbox diese Pressungen auf die Rohr-Enden nachlassen, lockert sich die durch das Aufwalzen hergestellte Auflage zwischen Rohr und Rohrloch (sei es durch Anstauchen der Rohr-Enden oder des Kupfers der Stege, sei es durch Erschöpfung der Elasticität des oft überhitzten Rohres) und kann sich nun sogar das noch heisse, vom Kesselwasser umspülte, bis nun zwischen zwei fixen Endpunkten festgehaltene (und daher seitlich ausgebogene) Rohr wieder strecken.

Es verschiebt sich, da gewöhnlich die Befestigung in der vorderen Rohrwand eine dauerndere ist, demgemäss nach rückwärts, wenn nicht gegen eine solche Verschiebung im Rohrloch durch Anarbeitung eines Wulstes Vorsorge getroffen ist.

Neues Feuern bewirkt ein wiederholtes Anstauchen der Rohrstege an die Stutzen und zahlreiche Wiederholungen lassen endlich das Rohr-Ende gänzlich locker im Rohrloch werden.

Selbstverständlich tritt zwischen die Leibung des Rohrloches und die des Rohres Kesselstein ein und ist, wenn sich dieser Process einige Male wiederholt hat, die Wechselung der undicht gewordenen Rohre unvermeidlich.

Wird nun das im Rohrloch undicht gewordene und mit seinem Börtel in Folge des Rohrschubes von der Wand abstehende Rohr durch forcirtes Feuern wieder dicht gebracht, oder wie es so häufig geschieht, noch im heissen Zustande des Kesselwassers wieder aufgewalzt und wiederholt sich das Undichtwerden, das forcirt Feuern und das Aufwalzen oft genug, so müssen beim Erkalten der Rohre nothwendigerweise die Rohrwände nach und nach gegen das Kessel-Innere zu eingebaucht werden.

Es ist klar, dass die erwähnten Deformationen der Rohrwandlöcher auf das Dichthalten eiserner Rohrstützen einen schädlicheren Einfluss nehmen, als auf das Dichthalten von Kupferstützen, da letztere weicher und nachgiebiger sind und in Folge dessen an der Leibung der Rohrwandlöcher satter und dauernder anliegen.

Aber, wie schon erwähnt, auch weiter gehende Zerstörungen treten in Folge des Feuerbox- und Rohrschubes auf, wie die Risse in den Befestigungswinkeln der oberen, den Langkessel mit der vorderen Rohrwand verbindenden, gewöhnlich dreieckigen Versteifungsbleche, dann in den zugehörigen Nietreihen der Platten des cylindrischen Kessels, in den Rohrstegen der untersten und der seitlichen Rohrlöcher der kupfernen Rohrwand und an den Prätzen-Stehbolzenlöchern derselben, sowie in den Ankerprätzen und in den nahe den Umbügeln situirten Stehbolzen.

Die Anrisse in den Ankerprätzen und den Prätzen-Stehbolzen werden nun allerdings durch den Feuerbox- und Rohrschub begünstigt, da der Hauptantheil an der Zerstörung derselben doch mehr den relativen Verschiebungen zwischen Box und Stehkesselwänden zur Last fällt.

Im Weiteren sind die rillenförmigen Ausfressungen der vorderen, gewöhnlich eisernen Rohrwand und der Stehkessel-Hinterwand zu nennen.

In dem Orte des Auftretens dieser drückt sich die Querschnittsform der Feuerbox mehr oder weniger deutlich aus und sind für die eiserne Rohrwand die Rohre, wie für die Stehkessel-Hinterwand die äussersten Stehbolzenreihen gleichsam die projicirenden (druckübertragenden) Geraden für die ausgeübten Schubwirkungen.

In Folge dessen corrodiren bei unseren gewöhnlich aus geraden Platten zusammengesetzten Feuerbüchsen die eisernen Rohrwände meistens in den äussersten Rohrstegen in verticaler Hauptrichtung und die Hinterwände an den äussersten Stehbolzenreihen.

Aber auch entlang dem Umbügel corrodiren die eisernen Rohrwände wegen der generellen Ausfederung der ganzen, durch das Rohrbündel hin und her gebogenen Rohrwandplatte und zeigen sich diese Corrosionen namentlich im unteren Theile der Rohrwand am weitesten ausgebildet.

Dass in den oberen und mittleren Theilen der eisernen Rohrwand oft keine oder verhältnissmässig unbedeutende Biegungs-Corrosionen gefunden werden, liegt entweder im leichteren Ausweichen dieser Partien oder im Durchbiegen der Rohre selbst, oder in Temperatur-Verhältnissen, oder auch darin, dass sich diese Corrosionen in den unteren Theilen, wo sich der Schlamm leichter absondert, rascher ausbilden, als in den oberen Theilen, besonders im Dampf-raume.

Die Schubwirkungen, die sich bei der eisernen Rohrwand in Corrosionen äussern, treten bei der kupfernen Feuerbox-Rohrwand in Rissen zu Tage, und zwar auch wieder hauptsächlich in den unteren und seitlichen Partien derselben.

Das weitere Einsaugen der Flamme in die unteren Rohre, die Querschnittsübergänge von dem vollen in den durchbohrten, nur mit schwachen Stegen zusammenhängenden Plattentheil und die, nahe diesem Querschnittsübergange, durch die Prätzenstehbolzen bewirkte Anheftung der Rohrwand an die Stehkessel-Vorderwand, sowie die Bewegungen in den Eckabbügel der Feuerbox, welche später noch eingehender betrachtet werden sollen, erklären das Auftreten dieser Risse.

Aber nicht allein auf Biegung der Hinterwand und der beiden Rohrwände wirkt die Streckung der heisseren Kessel-Innentheile, sie wirkt auch auf Geradestreckung des ganzen cylindrischen Kessels, dem eine solche auf Streckung wirkende Kraft, sowie die gleichzeitigen Vibrationen beim Fahren, namentlich am Bauche (der ohnehin am meisten zu Corrosionen geneigt ist), hauptsächlich bei einfachen Ueberlappungen der Schüsse von Nachtheil sein muss; sie wirkt ferner auch auf Geradestreckung der oft überhöhten und bei der Anfertigung arg hergenommenen Verbindungsplatte des Stehkessels mit dem Cylinderkessel (der Kröpfwand)

und erzeugt an den Seiten und bei überhöhter Decke auch oben an den Kröpfstellen Biegungen, welche ebenso wie bei der eisernen Rohrwand und der Hinterwand nach und nach das furchenförmige Ausfallen von Material, Eindringen von oxydirenden Gasblasen oder Wasser und somit immer tiefergehende Zerstörungen des Bleches an diesen Stellen hervorbringt.

Ganz im selben Sinne werden diese Partien auch durch den Dampfdruck und im entgegengesetzten Sinne durch etwaiges Ungangbarwerden der Stehkessel-Führungen beansprucht. Eine richtig construirte Verbindung der Stehkessel-Deckseiten und Hinterwände unter sich und mit dem cylindrischen Kessel selbst, ist daher namentlich bei überhöhter Decke zu empfehlen, jedoch gilt auch hier, wie bei den Verankerungen der vorderen Rohrwand, für den Constructeur der Grundsatz, die Beanspruchung auf möglichst viele Anheftpunete und auf möglichst grosse Flächen zu vertheilen.

Dass nun auch durch die verticalen Feuerboxplatten ähnliche, Risse und Corrosionen verursachende Schubwirkungen mittelst der Stehbolzen auf die seitlichen Stehkesselplatten und auf die Stehkesseldecke übertragen werden, bedarf wohl kaum mehr der Erwähnung.

Alle diese Wirkungen auf den äusseren Kesselmantel, welche ihn im Sinne des Dampfdruckes beanspruchen, sind um so bedeutender, je directer der Schub sich überträgt, je geringer die Nachgiebigkeit der kupfernen Rohrwand und der zwischen Stehkesselplatten und vorderen Rohrwand eingeschalteten Kesseltheile überhaupt ist, und je näher den Seitenwänden der Feuerbox die Eckstehbolzen und die Rohre liegen. Sie werden ferner in der Höhe am grössten angenommen werden müssen, in welcher die Platten der Einwirkung des Feuers am meisten ausgesetzt sind, also etwa in der Höhe der 2. und 5. horizontalen Stehbolzenreihe, wenn anders die Platten in sich steif genug sind und nicht durch den Schub selbst, oder in Folge des Verlustes an Festigkeit, den sie durch die Erwärmung erleiden, durch den Dampfdruck zum Ausbiegen gebracht werden.

Sind diese Platten nun steif, respective dick genug, etwa 15^{mm} stark oder mehr, so wird selbst bei grösserem Kesselsteinbelag noch eine wirkliche Stauchung der erwärmten, durch die Stehbolzen in kleine Felder untertheilten Platten, oder eine Biegung der im rechten Winkel anstehenden Plattentheile erzielt; bei schwachen Blechen aber wird eine solche Stauchung gerade ebenso wenig überwiegend vorkommen, als ein auf Knickungsfestigkeit in Anspruch genommener Stab sich überwiegend stauchen wird, wenn seine Querschnitts-Dimensionen zu schwach sind.

Ein solcher Stab wird eher gebogen, als gestaucht werden. Gerade so wird sich eine zu wenig steife (zu wenig dicke) Feuerboxplatte verhalten, da sie an der Feuerseite wärmer ist, als an der Wasserseite, und also schon deshalb die Neigung zur Ausbauchung in sich trägt, da sie ferner von der Wasserseite auch durch den Dampfdruck belastet ist, und endlich auch durch die Einwirkung des Feuers, namentlich bei Kesselsteinbelag, an Widerstandsfähigkeit verloren hat.

Die Folgen hievon sind die bekannten Buckel zwischen einzelnen Stehbolzenfeldern und zwischen einzelnen Stehbolzenreihen *).

Letztere werden nun nicht allein durch locale Einwirkung des Feuers oder durch zufällige andere Umstände, sondern auch durch die Steifigkeit der dem Schub nach oben oder der Seite hin widerstehenden Stehbolzen bedingt, und haben wir derlei Aufblähungen schon über die ganze Breite der Rohrwand, oder einen beträchtlichen Theil der Breite und Höhe der betreffenden Feuerboxplatten reichend gefunden.

Zur Verhinderung der Buckel und behufs Erzielung einer längeren Dauer gegen Abzehrungen durch das Feuer wird es sich daher empfehlen, unter ein gewisses Maass, wie z. B. unter 15^{mm} bei grossen Feuerboxen, in der Dimensionirung der Seitenplattendicken nicht herabzugehen, namentlich nicht in den unteren Partien **).

Es sei uns gestattet, an dieser Stelle auf die Maey-Haswell'sche Feuerbox hinzuweisen, bei welcher die Decken und Seiten aus gewellten Platten bestehen.

Die Wellen erfüllen einen doppelten Zweck, und zwar:

1. den der grösseren Widerstandsfähigkeit gegen den Dampfdruck, die in ihrer Form liegt, und die es ermöglicht, dass solche Decken ohne Verankerungen bleiben können. Die trotzdem angebrachten, aber beweglichen Anker dienen nur für unvorhergesehene Fälle;

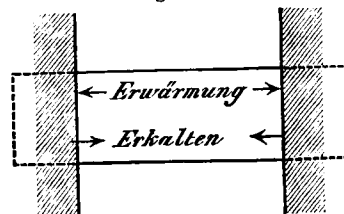
2. den der grösseren Elasticität in der Längsrichtung, indem durch die Wellen der parallel mit der Längsachse der Feuerbox wirkende Schub der Rohre auf eine biegsame, blasbalgartig ausfedernde Platte trifft, welche dadurch den weiteren Vorthail des in Folge dieser Bewegung leichteren Abspringens des Kesselsteines mit sich bringt.

Dieser Beweglichkeit ist bei Haswell'schen Boxen auch in den oberen seitlichen Reihen durch Einschaltung von beweglichen Verbindungen zwischen den äusseren Mantel- und Feuerboxplatten Rechnung getragen. Da die in geraden Platten auftretenden Stauchungen gleichbedeutend mit Material-Verkürzungen sind, sind die Bedingungen zu endlich eintretenden Rissen vorhanden.

Auf welche Weise nun solche Risse entstehen, möge uns ein einfaches Beispiel zeigen.

Denken wir uns einen geraden Stab, Fig. 1, in zwei fixen, in unverschiebbarer Entfernung gehaltenen Wänden festgemacht und erwärmen wir ihn, so wird er sich zu verlängern suchen. Nachdem aber die Wände nicht zurückweichen, wird er sich stauchen.

Figur 1.



*) Anscheinend gerade gebliebene Feuerbox-Stehwände zeigen oft die beschriebene Durchbiegung auf der Wasserseite allein, da die Bäuche der Buckel auf der Feuerseite abgezehrt wurden.

**) Auf der belgischen Staatsbahn werden die Seitenplatten im unteren Theile stärker ausgeführt, als im oberen Theile, und beträgt die Stärke der Platten, unten bis zu einer Höhe von 450^{mm}: 15^{mm} und im oberen Theile bloß 12^{mm}.

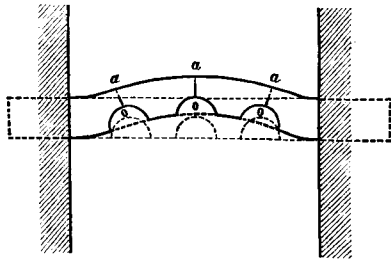
Beim Wiedererkalten wird er, da er durch die Stauchung eine Verkürzung erfahren hat, die Wände zu einander zu ziehen suchen.

Es wechselt also in dem Stabe die Beanspruchung auf Druck mit der Beanspruchung auf Zug.

Bei genügender Erwärmung und öfterer Wiederholung dieses Vorganges entstehen daher im Stabe nothwendiger Weise Risse.

Wären z. B. in dem Stabe einige jähe Querschnittsübergänge vorhanden, wäre er also vielleicht gekerbt, Fig. 2, so würden diese Risse im Allgemeinen in den gekerbten Querschnitten α o, also bei den Querschnittsübergängen, auftreten.

Figur 2.



Wird der Stab endlich während der geschilderten Einwirkungen öfter hin und her gebogen, so ist es klar, dass die Risse in den Kerben etwa bei o beginnen, und nach α hin fortschreiten werden.

Wir kommen auf die Anwendung dieses Beispiels bei der Erklärung der Ursachen der Anrisse in den obersten und seitlichen Rohrlöchern der Feuerbox-Rohrwände zurück.

Alle auf beschriebene Weise in der Feuerbox durch die gehinderte Ausdehnung erzeugten Stauchungen sind also, wie wir gesehen haben, gleichbedeutend mit Material-Verkürzungen und führen endlich zu Rissen.

Solche Risse treten aber nicht allein in den Feuerboxplatten, sondern auch im Heizthürring, Blatt 28, Fig. 2, auf, und wollen wir, bevor wir auf die durch Stauchung oder Biegung, oder beide zugleich entstandenen Defecte an den Feuerboxplatten übergehen, die Entstehung der Risse im letzteren näher betrachten, da an diesem Objecte die Rissbildung durch Stauchung besonders deutlich erkannt werden kann.

Beim Heizthürring kommen häufig Eckrisse an der freien, der Feuerbox zugewendeten Kante vor.

Sie sind von fehlerhaften Schweissungen leicht zu unterscheiden, weil ihre Richtung senkrecht auf der Stirnwandebene des Heizthürringes steht, und weil oft mehrere solcher Risse, namentlich im unteren Theile des Ringes, nebeneinander auftreten.

Die Verbindungslinie $\alpha\beta$ der beiden Endpunkte eines dieser Risse ist gemeiniglich parallel zu der Diagonale, welche durch die Punkte α und β in unserer Fig. 2 auf Blatt 28 gezogen erscheint.

Die Rissebene geht manchmal durch ein Nietloch, manchmal aber auch durch den ungeschwächten Querschnitt des Heizthürringes.

Alle diese Umstände führen darauf hin, dass das Reißen der Heizthürringe nicht in Folge von Trennungen an den Schweissstellen geschieht, sondern dass es andere Ursachen sind. Es werden nämlich durch die Erhitzung der Ringfasern der einen Hälfte des durch die Diagonale abgetrennt gedachten Querschnittes, welche der Einwirkung des Feuers ausgesetzt sind, dieselben in einem viel höheren Maasse ausgedehnt, als die mit ihnen in Verbindung stehen-

den, durch Wasser und Luft gekühlten Ringfasern der anderen Hälfte; erstere können daher dieser ihrer Ausdehnung nicht folgen und werden somit gestaucht. Diese Stauchung führt nun zur Verkürzung der Ringfasern und muss endlich nach öfterer Wiederholung dieses Vorganges zu Rissen führen*).

Das Dichten dieser Risse durch eingeschraubte Stiften hat darum keinen nachhaltigen Erfolg, weil diese als eingetriebene Keile zu betrachtenden Zwischenmittel im angeheizten Zustande des Kessels zusammengedrückt werden, und keine genügende Elasticität haben, um sich nach geschehener Stauchung wieder gehörig dichtend auszudehnen.

Ein ähnliches Verhalten zeigen beinahe alle in Risse der Feuerboxplatten eingeschraubten Stifte, da bei den meisten die gleiche Entstehungsursache der Risse: Stauchungen (Verkürzungen) des Materiales in Folge veränderter freier Ausdehnung, zu Grunde liegt.

Betrachten wir nun die Feuerbox als ein Ganzes, so müssen wir zugeben, dass dieselbe, angeheizt und frei — sich körperlich um ein bestimmtes Maass δ , siehe Fig. 3, ausdehnen würde — nachdem sie aber durch eine grosse Anzahl steifer Stehbolzen von der eigenen Ausdehnung des Stehkessels abhängt, und diesem nur so weit folgen kann, als dieser selbst durch die Wärme des in ihm eingeschlossenen Wassers an Volumen gewinnt δ' , so muss die Mehrausdehnung der Feuerbox, bedingt durch den grösseren Ausdehnungs-Coefficienten ihres Materiales und die höhere Temperatur, sich in den Ecken concentriren, und werden also bei jedem Anheizen zwischen den äussersten Stehbolzenreihen schleifenförmige Ausbiegungen der Ecken auftreten, deren Figur von der Eckabrundung im kalten Zustande um so abweichender sein wird, je näher die nächsten Stehbolzen den Ecken stehen.

Je abweichender aber diese schleifenförmige Ausbiegung der Feuerboxecken von der durch den Constructeur gegebenen Form ist, desto empfindlicher wird dies für das im Eckabbeuge ohnehin schon durch die Anfertigung nachtheilig veränderte und oft nicht immer vorzügliche Materiale sein, desto eher werden in dem Eckabbeuge selbst, oder in dem Querschnittsübergang bei der Stemmfrage zwischen Seitenplatte und Abbeuge erst oberflächliche Druckfalten und aus ihnen Anrisse entstehen**).

Wir haben diese Ausbiegungen gemessen und sie bei einem Kessel mit 1'842^m langer Box, mit ziemlich reinen Wänden an dem verticalen Abbeuge der Feuerbox-Hinterwand, mit etwas über 1^{mm}, um welches Maass sich die Feuerboxecke der Mantelecke elastisch genähert hat, gefunden. Bei dem Rohrwand-Deckenabbeuge fanden wir die elastische Näherung desselben an die Stehkesseldecke mit nahezu 2^{mm}.

Ersterwähnte Messung wurde derart vorgenommen, dass (siehe Fig. 4) in die Ecke der Feuerbox in der

*) Dass das Offenlassen der Feuerthür bei starker Hitze diese Rissbildung nur beschleunigt, ist klar, denn jeder jähe Temperaturwechsel erzeugt in den Ringfasern raschen Zug und Druckwechsel.

**) Es ist dabei, wie bereits bemerkt, vorausgesetzt, dass das Materiale, aus dem die Feuerbox besteht, ein die Wärme vorzüglich leitendes ist, wie z. B. Kupfer, Eisen- oder Stahlplatten, welche die Wärme nicht so gut leiten, worden daher geneigter sein, näher dem eigentlichen Feuerherde und beim Erkalten plötzlich zu reißen.

Höhe, in welcher die Risse gewöhnlich am meisten ausgeprägt sind, ein Kupferröhrchen $R R$ eingeschraubt wurde. In dasselbe war ein flach gefeilter Draht, der sich darin unter Reibung verschob, so tief eingesteckt, dass das eine Ende an der Biegung der Stehkessel-Hinterwand anstand, während das andere in die Feuerbox ragende Ende über das Kupferröhrchen hervorsah.

Diese Stelle wurde nun knapp an der Endfläche des Röhrchens markirt, und sodann dasselbe mit einer Kappenmutter geschlossen. Beim Anheizen nun konnte der Dampf, respective das Wasser den flachgefeilten Draht umspülen, daher eine Verschiebung desselben nicht veranlassen, während eine Näherung der Feuerboxecke an die Stehkessellecke ein Herausschieben des Drahtes zur Folge hatte*).

Die zweite erwähnte Messung (siehe Blatt 28, Fig. 5) geschah mit einem auf den Rohrwand-Abbug aufgesetzten und in einer Hülse gelagerten Draht, der sich unter Reibung in derselben verschieben konnte. Die Hülse war an einem Deckenstehbolzen befestigt.

Ein elastisches Steigen der Rohrwand beim Anheizen war nach dem Erkalten dadurch sichtbar geworden, dass die Drahtspitze nicht mehr aufsass.

Es ist demnach wohl auch experimentell nachgewiesen, dass die erwähnten schleifenförmigen Ausbiegungen wirklich bestehen, und dass sie es sind, in welchen die letzte Ursache der Eckanrisse gesucht werden muss.

Diese Anrisse in den Ecken sehen anfänglich ganz unschädlich, wie nebeneinander hinlaufende Hautfalten aus, gewinnen aber allmählig an Deutlichkeit, dringen in die Tiefe und erhalten damit ein rissartiges Aussehen. Sie klaffen im kalten Zustande immer mehr und mehr und werden endlich wasserlässig.

Die Gröesse der Spaltung solcher Risse kann bis 3^{mm} betragen. Die im kalten Zustande wasserlässigen Risse sind im angeheizten Zustande der Maschine dicht, und ist es daher klar, dass die Trennungsflächen durch die seitliche Ausdehnung der Platten im warmen Zustande so kräftig aufeinander gepresst sind, dass eine Abdichtung der Risstellen erfolgt**). Es sind daher diese Risse im Allgemeinen nicht gefährlich.

Mit der Schleifenbildung stehen nun auch die Risse α , β , in den Seitenplatten dicht an der Stemmfuge (Blatt 28, Fig. 6), welche namentlich bei dünneren Seitenplatten und verhältnissmässig reichlicher Dimensionirung der seitlichen Abbüge der anstossenden Rohrwand in der Feuerbox auftreten, im inneren Zusammenhang. Auch diese Risse treten zuerst an der Feuerseite auf, da dies die Seite der gedrückten Faser ist.

*) Das so gewonnene Maass ist eher zu klein, als zu gross, da ja die eigene Ausdehnung des in die Feuerbox ragenden Kupferröhrchens auch zu berücksichtigen ist.

**) Ein bis zur halben Tiefe der Platte eingedrungener Eckriss schreitet, wie wir an Kesseln mit 1520^{mm} langer Box constatirt haben, monatlich durchschnittlich 1^{mm} vor und fanden wir, dass dem Risse, der auf der Feuerseite anfängt, auch gewöhnlich ein Riss auf der Wasserseite — aber viel langsamer — entgegen kommt. Das Fortschreiten der Risse scheint langsamer zu gehen, wenn die Nachbarecken bereits auch stark angerissen sind, oder wenn sie bereits mit Flecken versehen wurden.

Gewöhnlich sind in Feuerbüchsen, wo die Stemmfigenrisse vorkommen, die Rohrwandbüge noch gut erhalten.

Das Entstehen dieser Risse hängt offenbar mit der überwiegenden seitlichen Ausdehnung der Rohrwand (bei kräftig dimensionirten Abbügen) und dem Rohrschub zusammen. Erstere biegt den zwischen der vordersten Vertical-Stehbolzenreihe und der Nietreihe befindlichen Seitenplatten-saum um die Stemmkannte, letztere bewirkt durch die Ausbiegung der nächstliegenden Rohrwandtheile eine Drehung um eine im Rohrwand-Eckabbüge vertical gedachte Achse, und dadurch eine Beanspruchung des Saumes im gegen-theiligen Sinne.

Beide zusammen oder jede einzelne können daher, da das betreffende Stück der Seitenwand, wegen der nahe sitzenden vordersten Vertical-Stehbolzenreihe, nicht nachgeben kann, die erwähnten Risse erzeugen. Selbstverständlich befördert unvernünftiges Einstemmen in die Seitenplatten die Entstehung derselben.

Es ist erwähnenswerth, dass diese Risse in einzelnen Fällen dort, wo sie neben den Stehbolzenköpfen hinlaufen, mehr klaffend gefunden wurden, als in jenem Theil ihrer Länge, der zwischen zwei Horizontal-Stehbolzenreihen liegt, und ist diese Thatsache ein Beweis für die Anschauung, dass es wirklich hauptsächlich die steif widerstehenden Stehbolzen, und nicht etwa nur die äusseren Verletzungen durch minder sorgfältiges oder oftmaliges Verstemmen der Naht sind, welche die Entstehung dieser Risse begünstigen.

Im Allgemeinen lässt sich bemerken, dass, je widerstandsfähiger nun die Form in den Eckabbügen gegen den Dampfdruck, je kleiner z. B. der Radius in den Ecken ist, und je näher die Stehbolzen an den Ecken sitzen, dass desto eher die Anrisse in den Ecken entstehen werden, wie zahlreiche Fälle bei Feuerbüchsen mit scharf gebogenen Ecken, nahestehenden Stehbolzen darthun, und wie auch aus der Beobachtung hervorgeht, dass bei, in der Mitte der Höhe der Box, eingeschnürten Feuerbüchsen diese Risse gerade in der Einschnürung zuerst entstehen.

Die Bug- und Stemmfigenrisse treten nun naturgemäss in jenen Ecken am raschesten auf, wo, abgesehen vom Materiale etc., die Temperaturs-Verhältnisse oder die Constructions-Verhältnisse durch zu nahe sitzende Stehbolzen ungünstige sind, z. B. in den seitlichen Abbügen der Rohr- und Heizthürwand, bei ersterer besonders in der Höhe der 2. bis 6. und 8. Horizontal-Stehbolzenreihe der Seitenplatten, wo die grössten seitlichen Ausdehnungen stattfinden, weniger in den Deckenabbügen der Rohr- und noch weniger in dem Deckenabbüge der Heizthürwand, da bei letzterer durch den fix mit der Stehkesselwand vernieteten Heizthürring, die in verticaler Richtung auftretende Dehnung der Heizthürwand gehemmt wird. Bei Heizthürwänden mit schmalen Ringen, wo also die Heizthürwand schüsselförmig ausgetrieben ist, erzeugt der nach oben treibende Ausdehnungsschub in der Kröpfung rissartige Ausbröckelungen, welche um so rascher auftreten, je bedeutender die Kröpfung, je mehr Kesselsteinbelag auf der Heizthürwand vorhanden ist, und je leichter sich die Dampfblasen unter dem Heizthürring ansammeln können.

Dass ein solcher nach oben treibender Ausdehnungsschub wirklich vorhanden ist, beweist die Beobachtung,

nach welcher bei herausgeschlagenen Heizthürring-Nieten die Nietlöcher im Kupfer oval mit vertical aufwärts gerichteter langen Achse sind, und dass die Richtung der rissartigen Ausbröckelungen bei ihrem Entstehen wie horizontal liegende Schraffirungen aussehen. (Fig. 2, Blatt 28.)

Wir gehen nun über zu den Defecten der Feuerbüchsen-Rohrwand und nennen davon die bleibenden Elevationen der Deckenabbügel Σ (Fig. 6, Blatt 28); die Verbreiterung der Rohrwände Σ_1 ; das Klaffen und Undichtwerden der Nietnähte, die schrägen Risse in den oberen seitlichen Rohrstegen $\alpha_1 \beta_1$; die nach oben hinlaufenden Risse in den obersten Rohrlöchern $\alpha_2 \beta_2$; die horizontalen, nach dem Abbuge zu verlaufenden Risse in den untersten Rohrlöchern der äussersten Rohrreihen $\alpha_3 \beta_3$; das Unrundwerden der Rohrlöcher, endlich die generellen und partiellen Aus- und Einbauchungen, die Risse in den Eckabbügel $\alpha_4 \beta_4$; die Risse in den horizontalen Rohrstegen der äussersten seitlichen, und in den Stegen der untersten Rohrlöcher $\alpha_5 \beta_5$, sowie endlich in den Prätzen-Stehbolzenlöchern $\alpha_6 \beta_6$. Letztgenannte Defecte wurden bereits berührt und ist daher noch die Natur der vorerwähnten zu betrachten.

Die Elevation der Rohrwände, das heisst die Streckung der Rohrwände*) nach oben, welche in der Mitte oft 13^{mm} und mehr beträgt und den ganzen Rücken des Deckenabbuges, sowie den vorderen Plafondrand nach oben krümmt, und somit den Schenkel des Deckenabbuges im spitzen Winkel relativ nach abwärts gebogen erscheinen lässt, sowie die in der Höhe des Kesselmittels stattfindende Verbreiterung der Rohrwände um circa 7 bis 10^{mm} ist wohl eine Folge des Zusammenwirkens zweier Hauptumstände, und zwar:

1. Eine Folge der Rohr-Manipulation, wie das Aufwalzen, das Aufdornen etc.
2. Eine Folge des Einflusses der Wärme, welche auf die Rohrwand bleibend verlängernd, ähnlich wie auf einen Roststab, einwirkt.

Gewöhnlich werden die meisten dieser Defecte der Rohr-Manipulation zugeschrieben, während doch, wie aus Nachstehendem zu ersehen, die Ursache des Entstehens derselben mehr in den Ausdehnungen durch die Wärme und den Beanspruchungen durch das ganze System zu suchen ist.

Nachdem die Rohrwand, ihrer oftmaligen Durchbohrung, ihrer verhältnissmässig grossen Dicke, ihres stärkeren Kesselsteinbelages halber, der Einwirkung des Feuers besonders ausgesetzt ist, leidet sie mehr als die übrigen Feuerboxplatten. So streckt sich vorzugsweise der mittlere,

*) Ist der obere Deckenabbug seiner ganzen Länge nach gleichmässig und entsprechend hoch belastet, so wird sich diese Streckung gewöhnlich in eine generelle Ausbauchung der Rohrwand umsetzen, ja es kann eine Stauchung der Rohrwand erfolgen, und kommt dies namentlich bei längs gelegten Ankerbarren vor.

Auch eine Einsenkung des Rückens des Deckenabbuges der Rohrwand kann die Folge der Belastung durch den Dampfdruck sein. Bei quergelegten Ankerbarren dagegen wird die Streckung nach oben ungefähr denselben Widerstand finden, wie bei Deckenstehbolzen, da in beiden Fällen der vorderste, seiner Fläche gemäss belastete Theil des Feuerbox-Plafonds frei auf der Rohrwand aufliegt, und sind daher die Rohrwand-Defecte bei den zuletzt genannten Armirungen einander ähnlich.

heisseste Theil derselben nach oben und erzeugt ein Aufziehen der Decke, und wenn die vorderste Decken-Stehbolzenreihe (oder der vorderste Querdeckenbarren) nahe der Wand liegt, ein scharfes Abbiegen des vorderen Plattentheiles, Anbrüche in den Rohrwandabbügel und, weil durch die bedeutende Verlängerung, welche der Plafondrand durch die Krümmung erfährt, derselbe auf Zerreiissungsfestigkeit in Anspruch genommen wird, Risse in demselben: $\alpha_7 \beta_7$.

Eine gleichzeitige Folge dieser Krümmung ist das Anreissen der Rohrlöcher in der obersten Horizontalreihe, da das Material in Folge der Elevation des Deckenabbuges vorzugsweise beim Querschnittssprung von Voll auf Loch (wie bereits in unserem hier zur Anwendung kommenden Beispiel am gezahnten Stab erläutert wurde), ferner in Folge des, der Streckung des Plafonds nach vorne, entgegen gerichteten Gegenschubes der Siederohre auf der Wasserseite gestaucht wird.

Eine weitere Folge des Streckens der Rohrwand nach oben und nach seitwärts ist das mit einer gewissen Regelmässigkeit erfolgende Ovalwerden der in den oberen und seitlichen Rohrreihen situirten Löcher.

Wenn die Hauptrichtungen der kurzen Achsen dieser Rohrlöcher mit einander verbunden werden, erscheinen Curven $C C$ von der auf Blatt 28, Fig. 6 gezeichneten Form.

Auch weiter gegen unten und gegen die Mitte zu, ist noch ein Auftreten der Rohrloch-Deformationen in bestimmter Richtung, wenn auch in geringerem Maasse wahrzunehmen und sind auch diese, sowie die in den untersten Rohrlöchern der seitlichen Endreihen auftretenden, horizontal gegen den Umbug verlaufenden Risse durch Stauchungen der Rohrwand zu erklären.

Das schräge Einreissen der Stege in den oberen seitlichen Ecken geschieht dadurch, dass die geneigten, an den obern und seitlichen Abbug angehefteten Rohrstegbänder $p q$, welche gleichzeitig durch den Rohrschub und den Dampfdruck nach Aussen durchgebogen werden, auf der Wasserseite gestaucht und beim Erkalten der Maschine wieder entlastet werden.

Die Regelmässigkeit, in welcher diese Risse auftreten, deren Richtungen die Umfänge des nächst oberen, respective unteren Rohrloches tangiren, und senkrecht auf der Richtung der betreffenden Stegbänder stehen, ist aus der Fig. 6 ersichtlich und muss hinzugefügt werden, dass es gewöhnlich nur die drei äussersten, schrägen, seitlichen, also kürzesten Stegbänder sind, welche anreissen.

Die relativ grosse Durchbiegung, welche diese Stegbänder durch den Feuerbox- und Rohrschub erleiden, und die Inanspruchnahme des Steges, dessen Fasern auf der Wasserseite im angeheizten Zustande der Maschine comprimirt sind, erklärt das beinahe ausschliesslich auf der Wasserseite auftretende Anreissen an den bezeichneten Stellen.

Eine weitere Folge der dem Stehkesselmantel gegenüber relativ grösseren Ausdehnung der Feuerbox bei Locomotivkesseln sind die Undichtheiten, welche in der Feuerbox entstehen.

Eine dieser Undichtheiten: das Rohrrinnen, haben wir bereits berührt und erwähnen wir in dieser Richtung nur

mehr die Beobachtung, dass weicher Kesselstein oft auf Rohren, welche undicht sind, und welche sich auch in der Richtung ihrer Achse im Rohrloch verschieben, knapp hinter der Rohrwand eine ringförmige, um das Rohr herumgehende Wulst bildet, und dass eiserne Rohrstutzen leichter undicht werden, als kupferne, welche sich mit dem verwandten Material der Rohrwand inniger verbinden.

Es weist also auch diese Beobachtung auf die Richtigkeit der Annahme der Existenz eines Feuerbox- respective Rohrschubes hin, der übrigens auch experimentell leicht nachzuweisen ist*).

Das Undichtwerden der Stemmungen der Rohr- und Heizthürwände und die rissartigen Trennungen des Kesselsteines auf der Wasserseite an Stemmungen, sowie das Klaffen der Blechränder an den Stemmungen auf der Wasser- und auf der Feuerseite zeigen ferner, dass an diesen Stellen während des Betriebes der Maschine Bewegungen vorkommen, welche bereits gelegentlich der Erwähnung der Schleifenbildung und der Stemmungenrisse abgehandelt wurden.

Die Undichtheiten in den Stehbolzenlöchern, gute Anarbeitung vorausgesetzt, sind durch Lockerung in den Löchern der hin- und hergebogenen Stehbolzen, durch Anstauchen und Wegziehen des Materiales, wie es bei der Buckelbildung häufig vorkommt, durch die mittelst der Stehkesselträger übertragenen Erschütterungen zu erklären, ebenso sind die Undichtheiten am Heizthürring eine Folge der Verschiebungen und Anstauchungen des Kupferblechrandes an den Wulst des Heizthürringes, sowie auch der Abzehrungen des Blechrandes.

Wir gehen nun über zu den Verankerungsmitteln der Feuerbox mit dem Stehkessel, zu den Stehbolzen.

Die Stehbolzen haben die Aufgabe, Deformationen der ebenen Wände, wie sie sonst durch den Dampfdruck hervorgebracht würden, zu verhindern, sie werden somit im Allgemeinen auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen.

Da aber, wie wir gesehen haben, die Feuerboxwände sich relativ gegen die Stehkesselwände verschieben, so werden die Stehbolzen auch auf Biegezugfestigkeit beansprucht, und zwar um so mehr, je weiter sie von einem ideellen Mittelpunkte, den man sich etwa in der Ebene des Fussringes denken kann, entfernt sind.

An einzelnen Orten des Kessels, wie an den Ecken der Feuerbüchse, tritt aber, wie wir weiters gesehen haben, die durch die Schleifenbildung bedingte Tendenz zur Näherung dieser Ecken an die Stehkessel-Rundungen auf und die dort situirten Stehbolzen fungiren somit auch als Druckübertrager, und werden also nicht allein auf Zug, sondern auch auf Biegezug- und Druckfestigkeit beansprucht werden.

Die Beanspruchung auf Biegezug- und Druckfestigkeit geschieht beim Anheizen und Stehen des Kessels unter

*) Ein Stab, an den Plafondschrauben aufgehängt und an die Rohrwand angeschoben, wird durch die in Folge des Rohrschubes ausgebauchte Rohrwand zurückgeschoben. Die Grösse des Abstandes zwischen Stabspitze und Rohrwand, um die eigene Ausdehnung des Stabes vermindert, gibt die Grösse der elastischen Ausbauchung der Rohrwand.

Dampf; beim Nachlassen des Feuers wird jedoch der durch den Feuerboxschub erzeugte Druck aufhören und die Stehbolzen werden blos durch den Dampfdruck und durch das Bestreben der Platten, in den alten Zustand zurückzukehren, auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen, da zugegeben werden muss, dass die Ecken beim jedesmaligen Anheizen geringe, bleibende Deformationen erfahren.

Nach dem Gesagten müssten nun die nahe den Umbügen stehenden Stehbolzen in Folge dieser combinirten Beanspruchung eher, als selbst die mittleren in der obersten Horizontalreihe situirten, gleich weit von unserem ideellen Mittelpunkt entfernten Stehbolzen, reissen.

Erfahrungsgemäss trifft dies auch zu, denn in den meisten Fällen, namentlich bei langen Boxen, sind die Stehbolzen in den obersten mittleren Reihen noch gut, während sie in den verticalen Endreihen bis ziemlich weit zum Fussring herab zwei- bis dreimal gewechselt werden müssen.

Dies stimmt auch mit der, in den technischen Referaten abgegebenen Aeusserung vieler Bahnen, welche mittheilen, dass das Abreissen der Stehbolzen meist an den Umbügen erfolgt.

Im Allgemeinen liegt nun der gefährliche Querschnitt der Stehbolzen erfahrungsgemäss an der Wasserseite des Stehkessels und ist dieser Erfahrungssatz fast allgemein schon seit längerer Zeit bekannt. Die Ursache wird hauptsächlich darin zu suchen sein, dass der durch die relative Verschiebung zwischen Feuerbox und Stehkessel doppelt gekrümmte Stehbolzen in der eisernen Stehkesselplatte schärfer eingespannt ist, als in der kupfernen.

(Würden wir die Stehbolzen blos an einer Seite einspannen können, so würde natürlich der Krümmungsradius bedeutend grösser ausfallen, ein Brechen der Stehbolzen also in viel späterer Zeit erfolgen.)

Wenn nun doch in einzelnen seltenen Fällen die Erfahrung auch andere Resultate gibt, wie z. B. in den technischen Referaten vom Jahre 1878 bemerkt ist, dass drei Bahnen viele Stehbolzen an der Kupferwand abgerissen gefunden haben, so müssen es eben besondere Verhältnisse sein, welche diese Vorkommnisse ermöglichen, wie z. B. Anarbeitungs- oder Materialfehler, oder das Verhalten des Materials des Stehbolzens selbst*), oder sie müssen in der Beanspruchung liegen, wie im Zug- und Druckwechsel an den Stellen, wo die Schleifenbildung auftritt.

*) Eine österreichische Bahn theilt z. B. in den Referaten mit, dass eiserne und stählerne Stehbolzen wegen Verschwächung durch Rost beinahe immer an der Kupferwand, kupferne Stehbolzen dagegen an weniger bestimmten Stellen reissen.

Gemeiniglich sind nach des Verfassers Erfahrungen solche an der Feuerkistenseite abgerissene Stehbolzen auch an der Wasserkasten- seite angerissen. Verfasser dieses hat an der Kupferwand abgerissene Stehbolzen bis jetzt blos in den obersten Reihen, namentlich nahe der Rohrwand, dann neben dem Heizthürring und endlich dicht über dem Fussring vorne und hinten am Stehkessel gefunden, muss jedoch bemerken, dass ihm sehr wenig solcher Fälle vorkamen. Ein seltener Fall ist der, dass Stehbolzen, ohne angerostet zu sein, in der Mitte brechen. Verfasser hat bis jetzt, etwa unter 10.000 Stück, nur zwei solcher Stehbolzen gefunden, die aber ausserdem auch an der Wand- seite angerissen waren.

Die Erklärung, warum gerade die mit der Biegungswirkung combinirte Zug- und Druckwirkung es ist, welche den Ruin der Stehbolzen an den diesen Einflüssen ausgesetzten Stellen in so hohem Maasse herbeiführt, ist wohl folgende:

Die Fasern des durch die Verschiebung der beiden verankerten Kesselwände gebogenen Stehbolzen werden um so mehr beansprucht, je kleiner der Krümmungsradius der Biegung sich ergibt, also je kürzer der Stehbolzen, je dicker derselbe, und je grösser die relative Verschiebung beider Wände ist. Kommt nun zu dieser Beanspruchung noch Zug oder Druck und entfernen oder nähern sich demgemäss die Wände von oder zu einander, so wird der betreffende Krümmungsradius grösser oder kleiner, als in Fällen, wo er durch die Biegung allein beeinflusst wurde, und das Reissen erfolgt in späterer oder früherer Zeit.

Diese den Stehbolzen mitgetheilten Beanspruchungen können nun weiters unmöglich ohne Einfluss auf die Befestigungspunkte derselben in den Wänden bleiben, und findet auch thatsächlich an den Stellen, wo entsprechend grosse Biegungen (besonders kurzer Stehbolzen) und energischer Druck- und Zugwechsel, oder ein oder das andere in überwiegendem Maasse stattfinden, Zerstörungen des Plattenmaterials der äusseren Wände statt, welche sich furchenförmig ansehen und von allmählig ausbröckelndem Materiale herrühren, während die kupfernen Platten von dieser Art Zerstörung verschont bleiben*).

Die so entstandenen Furchen schneiden bei ihrem Entstehen in ihrer Hauptrichtung die Stehbolzenlöcher meist hart an dem nach Aussen zu liegenden Rande, und sind in den äussersten Vertical-Stehbolzen-Endreihen vertical und in den oberen Horizontalreihen horizontal gerichtet. Nachdem sie an ein und derselben Platte, und zwar nur an den respectiven Endreihen *EE* in beiden Hauptrichtungen vorkommen (siehe Blatt 28, Fig. 7) ist es klar, dass sie eine Folge des in den Endreihen am wirksamsten auftretenden Feuerboxschubes und ganz besonders der Biegung der Stehbolzen sind, welche letztere unter gleichzeitiger Druckübertragung an dem das Stehbolzenloch umgebenden Plattentheil hin- und herzerren, seine Oberfläche nachtheilig verändern, und diese Rostfurchen oder auch Aussenkungen rings um den Bolzen herum erzeugen**).

Alle diese Erscheinungen zusammengehalten, geben ein Bild von den Vorgängen im angeheizten Kessel, und ermöglicht uns die Betrachtung derselben die Auffindung der Stellen, welche der Verschwächung am meisten aus-

*) Das Freibleiben von solchen Corrosionen ist der Grund, warum in neuerer Zeit auch die vorderen Rohrwände aus Kupfer gemacht werden.

**) Dass die rillenförmigen Furchen von einer Säure herrühren, welche durch den Contact des Eisens mit den kupfernen Stehbolzen erzeugt wird und heruntertrüffelt, wie von manchen deutschen Bahnen angenommen wird, kann nach dem Gesagten und der Beobachtung, dass solche Rillen auch bei eisernen Stehbolzen, die selbst an der Kupferwand ganz intact geblieben sind, an den Stehkesselplatten in horizontaler Richtung vorkommen, wohl nicht als wahrscheinlich gefunden werden.

gesetzt sind, und die Erkenntniss des Antheiles, welchen die Construction auf die Bildung dieser Defecte nimmt.

Das mit der Kesseluntersuchung betraute Organ ist daher in der Lage, Kesseluntersuchungen an bestimmten Stellen besonders eingehend vornehmen zu können, ohne erst kostspielige Demontirungen vornehmen zu müssen, und dient ihm somit die Kenntniss dieser inneren Vorgänge im Kessel dazu, die Kessel nicht allein betriebssicher zu erhalten, sondern auch diesen Zweck auf die billigste Art und Weise zu erreichen.

Gleiche Constructionen vorausgesetzt, werden jene Kessel die geringste Dauer haben, bei welchen schlechtes Materiale, schlechte Anarbeitung, schlechtes Speisewasser, schwefelhältige, kurzflammige Kohle und schlechte Behandlung durch den Locomotivführer, durch Heizhäuser und Werkstätten zusammenwirken, oder wo ein oder der andere Umstand hervorragend Einfluss nimmt und wird gerade unter solchen Umständen es von eminenter Wichtigkeit sein, alle Mittel aufzubieten, um den schädlichen Einfluss eines oder des anderen nicht abzuändernden Uebelstandes durch zweckentsprechende Verbesserung der anderen Factoren möglichst zu paralysiren.

Wie sehr z. B. das Material an den Kesseldefecten schuld trägt, sehen wir aus der Thatsache, dass von den im Jahre 1857 gelieferten 12 Personenzugs-Maschinen einer österreichischen Bahn, heute noch alle zwölf ihre alten Feuerbüchsen haben, und diese erst jetzt in den Ecken leichte Anrisse zeigen, dass ferner von den im Jahre 1858 gelieferten 28 sechsfach gekuppelten Maschinen derselben Bahn noch 9 Stück ihre alten Boxen haben, während die übrigen seit dem Jahre 1875 successive erneuerten nach 1½ bis 4 Jahren schon Eckrisse zeigen, obschon derselbe Dampfdruck geblieben ist, und dasselbe Wasser, dieselbe Kohle verwendet wird, obwohl dieselben Speisapparate (Pumpen) fungiren, obwohl dieselbe Stehbolzen-Eintheilung und dieselben Verankerungen, überhaupt Alles, auch heute noch geblieben sind, und obwohl endlich die Anforderungen an die Leistung keine Veränderungen erfahren haben.

Wenn also die Güte des heutigen Materiales der Kupfer- sowohl, als der Eisenbleche im Allgemeinen gesunken ist, wie dies betreffs der Kupferbleche eben an einem speciellen Beispiele dargethan wurde, erscheint es dringend nöthig, diesen Verhältnissen durch rationelle Aenderung der Constructionen Rechnung zu tragen.

Solche Constructionen müssen vor Allem die Verankerungen und die verankerten Wandtheile in's Auge fassen, da durch diese sowohl Zug als Druck übertragen, respective empfangen werden und sie es sind, welche unter den Beanspruchungen des Betriebes am meisten leiden, und welche als Druckübertrager auf die an sie angehefteten Wandpartien schädlich einwirken.

Zu den wichtigsten Verankerungsmitteln zählen nun die Stehbolzen.

Die Aufgabe des Constructeurs ist es, durch die Stehbolzen die betreffenden Wandtheile gegen Ausbiegungen zu sichern, und doch die Uebertragung des Druckes zu verhindern.

Dies hat nun die Grand Central Belge und die bayerische Staatsbahn denn auch gethan, aber nur bei den Rohrwand-Deckenabbügelungen, denen sie durch geeignete Laschenaufhängung ein Spiel nach oben gestattet, gewiss nur deshalb, um die Aufbiegung des Plafonds auf eine grössere Länge zu vertheilen und die Deckenabbügelungen zu schonen. Die Eckstehbolzen jedoch haben diese beiden Bahnen und auch andere Bahnen möglichst weit von den Ecken weggesetzt und erreichen dadurch wenigstens bei den Feuerbox-Hinterwänden möglichst grosse Krümmungsradien und somit auch eine freiere Dilatation der Ecken.

Diese grossen Krümmungsradien können nun allerdings bei den Hinterwänden neuer Kessel angebracht werden, werden jedoch bei den Rohrwänden deshalb nicht angewendet, weil durch ihre Anwendung zwei bis drei Rohreihen entfallen würden, und stehen in Folge dessen gerade bei den Rohrwanddecken, bei welchen die grosse Ausdehnung der dicken, oft durchbrochenen Rohrwand die Schleifenbildung besonders begünstigt, die Stehbolzen den Ecken näher, als zur Schonung derselben rathlich ist.

Jedenfalls liegt der Vortheil, der durch grosse Krümmungsradien erreicht wird, hauptsächlich darin, dass durch ihre Anwendung die Stehbolzen bedeutend weiter zurück versetzt werden müssen und sich deshalb die Biegungen auf eine grössere Länge vertheilen.

Bei alten Kesseln ist nun eine Aenderung in den massgebenden Constructions-Verhältnissen nicht mehr möglich, und glauben wir es daher gerechtfertigt, wenn wir auf ein neues, namentlich in den Endreihen an Stelle der Stehbolzen zu substituierendes Verankerungsmittel hinweisen, welches die Nachtheile der gegenwärtig bestehenden steifen Stehbolzen vermeidet und zugleich einige weitere Vortheile bietet.

Dieses gleichzeitig vom Herrn Ingenieur E. Siegmeth und dem Verfasser im Mai 1878 auf Grund der entwickelten Anschauungen construirte Verankerungsmittel besteht wesentlich darin, dass an Stelle eines gewöhnlichen Stehbolzens eine Schraube von gleicher Zugfestigkeit substituiert wird.

Der Kopf oder der Schaft derselben ist in einer Kapsel so gelagert, dass bei Näherung der Wände eine Druckübertragung der einen Wand auf die andere nicht möglich ist.

Ein weiterer Vortheil ist der, der leichten Biegsamkeit, respective totalen Verschiebbarkeit ohne Biegung, weil die Schraube nur an einem Ende fest eingeschraubt ist, während sie am anderen Ende in einer Kugelcalotte oder auch ganz frei liegt, und im letzteren Falle blos mit ihrem Kopfe auf der Aussenfläche der Kapsel aufliegt und so den Druck direct aufzunehmen im Stande ist; endlich ist die Möglichkeit gegeben, die Schraube auf ihre Continuität jederzeit leicht untersuchen zu können. Auf Blatt 28, Fig. 8 bis 11 sind solche Ankerstehbolzen ersichtlich.

Die beste Art und Weise der Dichtung, der Form, der Beweglichkeit ist lediglich Constructionssache, und muss in der Hauptsache immer das auf Grund der entwickelten Anschauungen aufgestellte Princip festgehalten werden, dass

die in den Endreihen situirten Stehbolzen den empfangenen Druck nicht übertragen sollen. Es gilt dies selbstverständlich auch von den Endreihen der Deckenstehbolzen.

Solche Ankerschrauben sind bereits ausgeführt und im Betriebe, und halten, wie dies von vorneherein einzusehen, vollständig dicht, auch sind die wohlthätigen Folgen der Anwendung derselben schon jetzt unverkennbar.

Auch die Kosten sind an sich keine grossen, und müssen verschwindend klein genannt werden, wenn berücksichtigt wird, dass sie die Kessel schonen und ihnen somit die grösstmögliche Sicherheit verleihen, abgesehen davon, dass sie selbst der Zerstörung nicht so sehr ausgesetzt sind, als wie die fixen, gewöhnlichen Stehbolzen. Endlich ist die Anwendung beweglicher Ankerbolzen überall, auch dort, wo die Frames und Räder niedere Kapseln erfordern, möglich, da die Construction entsprechend modificirt werden kann.

Wir haben nun gesehen, dass der Constructeur in erster Linie dort, wo er die theoretisch und praktisch widerstandsfähigste, cylindrische oder kugelförmige Form der Platten nicht zur Anwendung bringen kann, auf Verbesserungen in den Verankerungen denken muss, und dass er grundsätzlich jede Concentration des Druckes oder Schubes auf bestimmte enger begrenzte Stellen zu vermeiden bestrebt sein wird.

Es erübrigt nun der Vollständigkeit halber noch Einiges über die so schädlichen inneren Corrosionen der Kesselbleche zu sagen, da die äusseren Corrosionen in das Gebiet der Wartung der Kessel gehören und verweisen wir, anstatt weiterer Ausführungen auf die anregenden Aufsätze von F. Sprung: „Ueber Dampfkessel-Corrosionen“ in der „Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“ vom 13. October 1877 und von C. Haage: „Innere Corrosionen der Kessel“ in der „Zeitschrift des Verbandes des Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereines“, II. Jahrgang, 3, redigirt von Herrn Minssen in Breslau, welche Aufsätze die inneren pockenartigen Corrosionen durch die oxydirende Wirkung der Luftblasen erklären.

Die in diesen Publicationen zur Geltung gebrachten Anschauungen passen in der Hauptsache so recht auf die Locomotivkessel, in welche durch die Injectoren, beim Reversiren etc., eine Menge Luft und Gase eingebracht werden, und in welchen namentlich in dem von der Aussenseite nicht erwärmten Langkessel alle Bedingungen für die zerstörenden Einflüsse, mögen es direct aufsitzende Gasblasen oder ein mit diesen durchsetztes Kesselstein- und Schlamm-Gemisch sein, zur Wirkung kommen.

Betrachten wir vorerst den Dampfraum und suchen wir in demselben nach corrodirtten Stellen, so werden wir diese vorzugsweise bei überhöhten Stehkesseldecken an der Kröpfung der Stehkessel-Hinterwand finden.

An dieser Stelle ist kein Kesselstein, kein Schlamm, sondern nur ein leichter, roth gefärbter Anflug von Rost zu finden und doch bilden sich in der Kehlung zahlreiche, entlang derselben laufende Furchen.

Dass es hier die Gasblasen sind, welche das Blech corrodiren, ist unzweifelhaft, denn diese haben hier keinen Abfluss und nach jedem Auswaschen, nach jeder Speisepériode, nach jeder Verdampfung des neu eingeführten, gasreichen Wassers wird dieser Raum mit frischem Gase gefüllt.

Hier dürfte kaum jemals ein Tropfen Fettsäure gelangen, die ja überhaupt bei Locomotiven (in die nicht etwa aus Unverstand mit dem einseitigen Zwecke zur Vermeidung des Ansetzens des Kesselsteines, Unschlitt oder dergleichen eingebracht wird) keine Rolle spielt.

Hier bekämpft sich also Gas und Metall allein und von der energischen, in der Kehlung auftretenden mechanischen Beanspruchung an dieser Stelle müde gemacht, öffnet das letztere dem anlagernden Feinde seine Poren, und dieser gräbt sich zerstörende Furchen, anfänglich seicht noch und unbestimmt, dann durch das Ausfallen von Material bessere Positionen gewinnend, immer tiefer ein.

Aehnlich verhalten sich an und unter der Wasser-Oberfläche die mit oxydirenden Gasen durchsetzten Schlammablagerungen allerorts, wo die im Allgemeinen gegen Corrosionen schützende harte Kesselsteinhaut durch in der Construction liegende Verhältnisse gelockert wird.

Solche Auflockerungen bewirken die in Folge der Beanspruchungen auftretenden Bewegungen an den einfachen Ueberlappungen der Ring- und Längennähte, an den Anlagepunkten der äusseren, im Betriebe an die Kesselplatten hämmernden Kesselträger, an den Anheftpunkten der Stehbolzen, der Rohre, sowie der Verankerungen überhaupt, solche Auflockerungen bewirkt der Siedeprocess selbst an jenen Stellen, wo die Niederschläge mehr erdiger Natur sind, also an den vorderen, kälteren Theilen des Kessels, an einspringenden Ecken, wie an den Ringnähten, zwischen den Nietköpfen, beim Auswaschsack, längs der Stehbolzenpratzen etc.

Hier breien dieselben, namentlich die jüngeren Niederschläge, bei jedem Siedeprocess neu auf, verschwemmen sich in Folge der in dem Kesselwasser stattfindenden Bewegungen an andere Orte, absorbiren neue oxydirende Flüssigkeiten und lagern sich an anderen, gewöhnlich noch tiefer liegenden oder rauhen Stellen ab, wo sie poröse Schlammkissen bilden, die auch bei abgelassenem Kesselwasser noch lange Zeit Sauerstoff und kohlenensäurereiche Feuchtigkeit tragen und auf die Platten einwirken lassen.

Aber auch die älteren Niederschläge werden, da sie durchlässiger, poröser Natur sind, in gleicher Weise zu Trägern der Feuchtigkeit und bilden, nachdem sie ihrer compacteren Consistenz halber weder mehr erweichen, noch sich verschwemmen lassen, Krystallisations-Puncte neuer Ablagerungen.

Von allen Stellen, welche im Innern des Kessels den Corrosionen ausgesetzt sind, werden aber diejenigen am raschesten angegriffen, wo durch energische Biegungs-Beanspruchungen eine schützende Kesselsteinhaut sich überhaupt nicht bilden kann,* oder wo durch das Einführen der Auswaschdrähte die Blechoberfläche beim jedesmaligen

Auswaschen blank gescheuert wird, und die oxydirenden Flüssigkeitstheilchen in nachhaltigen, directen Contact mit dem reinen Eisen kommen, oder überall dort, wo die Form dem Ansetzen der Gasblasen oder des Schlammes selbst günstig ist, wie zum Beispiel längs der Kanten einspringender, namentlich tiefegelegener Kesselpartien.

So ist der meist an der hintersten Kesselplatte festgenietete Auswaschsack rings um den Auswaschdeckel herum oft tief corrodirt, während die Bauchtafel selbst verhältnissmässig wenig gelitten hat.

Auch finden sich häufig neben den Stehbolzenpratzen auf dieser sonst gut erhaltenen Platte tiefe Corrosionen, welche gewöhnlich nur entlang der vom Kesselbauchmittel abgewendeten schmalen Seite der Pratzen auftreten, da hier der Schlamm leichter, wie in einer Rinne, liegen bleibt.

Endlich lässt sich nicht verkennen, dass die Lage der Einmündungen des Speisewassers in den Kessel auf die Intensität und den Ort der Corrosionen von grossem Einfluss ist, indem meistens die denselben nächstgelegenen Kesselplatten corrodiren.

Auch hier sind es wieder die tiefegelegenen Platten-theile, welche der Zerstörung am meisten ausgesetzt sind, und kann hervorgehoben werden, dass im Allgemeinen von zwei aneinander genieteten Platten, die aussen aufgenietete Platte, also die um eine Blechdicke tiefer liegt, mehr corrodirt, als die obere (von der das Wasser leichter ablaufen kann), wenn erstere auch von den Speisköpfen weiter entfernt ist.

Dass zur Entstehung aller dieser Corrosionen in erster Linie die Beschaffenheit des Bleches und der Blechoberfläche insbesondere beiträgt, ist selbstredend, und hauptsächlich durch die beiden Factoren: Schlamm- und Gasblasen-Absonderung, sowie Disposition des Kesselplatten-Materiales für Corrosions-Wirkungen ist die Willkürlichkeit des Auftretens der narbenförmigen Corrosionen in Mitten der Platten begreiflich.

Wo bei mehreren gleich construirten Kesseln im Orte des Auftretens solcher innerer Corrosionen eine gewisse Gleichmässigkeit zu beobachten ist, kann immer entweder die Lage (Höhenlage, Situation bezüglich der Speisköpfe), die Form (einspringende Theile etc.) oder die Beanspruchung der betreffenden Theile als Einfluss nehmend angesehen werden.

Nach alledem scheint es uns sehr wahrscheinlich, dass galvanische Wirkungen, wenn sie auch vorhanden sind, neben den rein chemischen Einflüssen luft- und kohlen-säurehaltiger, schlammreicher, aber wenig harte Niederschläge bildender Wässer keine, oder nur ganz untergeordnete Bedeutung haben, und dass zwar, was die chemischen Corrosionen anbelangt, der Constructeur durch Vermeidung der Concentration des Druckes, Zuges oder Biegung Vieles bessern kann, dass aber in dieser Richtung das Hauptgewicht auf gutes homogenes Material, gereinigtes und bis zu einer gewissen Grenze vorgewärmtes*) Wasser gelegt werden muss.

*) In offenen Gefässen.

Die richtige Erkenntniss der Ursachen auch dieser Blechzerstörungen wird über kurz oder lang auf geeignete Mittel zum Schutze der Platten führen, mögen sie nun in der Wahl des Materiales, oder in der Erzeugung desselben, oder in dauerhaften Anstrichen, Deckungen (Verzinnen) oder Ueberzügen (System Feldbacher etc.) bestehen.

Und so sei schliesslich der Wunsch ausgesprochen, dass es auch diesen Zeilen gegönnt sein möge, in Etwas zur angehofften Erkenntniss dieser Ursachen beizutragen.

Ueber das Lochen von Eisen.

Von

Professor **K. Keller.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 29.)

Seit den ersten epochemachenden Arbeiten von Tresca über das Abfliessen plastischer Materialien, speciell über das Lochen derselben („Comptes rendues“, vol. 68, pag. 1197, vol. 70, pag. 27, 288 et 368), sind neuere Veröffentlichungen nicht erschienen, welche insbesondere die Vorgänge beim Lochen näher aufklärten, bis neuerdings über diesen Gegenstand eine Veröffentlichung erschien in dem Journal des „Franklin-Institute“ in Philadelphia (März 1878)*. Diese letztere Publication beschäftigte sich mit Versuchen über das Kalt-Lochen von Eisen, welche von den Herren Hoopes & Townsend in Philadelphia unter Leitung von Professor Thurston angestellt worden waren, und jedenfalls einen tieferen Einblick gewähren in die Vorgänge, welche bei solchen Operationen auftreten. Die genannte Firma hatte auch solche Proben in Paris ausgestellt, und wurde ich durch diese zunächst angeregt, selbst ähnliche Versuche anzustellen, um eine beim Lochen von Metallen etwa geltende Gesetzmässigkeit zu finden.

Ich unterzog demnach Eisenstücke von verschiedener Dicke auf einer gewöhnlichen, kräftigen Lochmaschine einem Lochprocesse, liess aber dabei den Stempel nicht bis zum vollen Durchgang und Ausstoss des Kernes (des sogenannten Putzen) in dasselbe eindringen, sondern früher und in verschiedenen Eindringtiefen stillhalten. Die somit erhaltenen, theilweise gelochten Stücke wurden in der Mitte durchgesägt, eben gefeilt und geschliffen, und einem am Schlusse näher zu beschreibenden Aetzprocesse unterworfen. Dabei erschienen nun schöne dunkle Schichtungslinien auf glänzendem Grunde, welche die inneren Structur-Aenderungen und Deformirungen genau zeigen, wie aus den nach photographischen Aufnahmen hergestellten Abbildungen auf Blatt Nr. 29 ersichtlich. Die dabei sich ergebenden Thatsachen und Folgerungen sind nun nachstehende:

Der Stempel kommt von oben in verticaler Richtung herab und trifft die horizontale Oberfläche eines Arbeitsstückes. Die Unterlage desselben ist ebenfalls horizontal und in derselben, in der Bewegungsrichtung des Stempels eine Oeffnung angebracht, genügend gross, um den von dem Stempel durchgedrückten, ungefähr cylindrischen Kern (den Putzen) durchfallen zu lassen. Doch soll diese Oeffnung nicht so gross sein, dass eher ein Durchbiegen als ein Lochen eintritt.

Trifft nun der Stempel das Arbeitsstück und setzt er gegen dasselbe seine Bewegung fort, so tritt zunächst eine Depression der Oberfläche ein, so dass sich rings um den Lochrand eine Mulde ergibt, in deren Mitte eine cylindrische Vertiefung von einem Durchmesser gleich dem Stempeldurchmesser sich befindet. In unmittelbarer Nähe dieser cylindrischen Vertiefung geht die muldenförmige Depression in ziemlich scharfer Krümmung in das cylindrische Loch über.

Das durch die Oberflächen-Depression verdrängte Material weicht zur Seite aus, es ergibt sich somit bei einem vorher ganz rechtwinkligen Arbeitsstücke eine Aenderung der Kantenwinkel durch Verbreiterung der Basis, während die untere Begrenzungsebene, welche auf einer unveränderlichen ebenen Unterlage der Lochmaschine aufliegt, kaum merklich deformirt wird. Der durch den Stempel auf die Oberfläche ausgeübte Druck überträgt sich im Innern von Schichte zu Schichte oder von Theilchen zu Theilchen und veranlasst ein Abfliessen des Materiales nach den Richtungen des kleinsten Widerstandes, somit auch in der Richtung des Loches in der Unterlage. In Folge dessen tritt dort ein schwach gewölbter Knopf hervor, welcher aber in der Richtung der Stempelachse weit geringeres Maass zeigt, als die von dem Stempel eingedrückte Vertiefung.

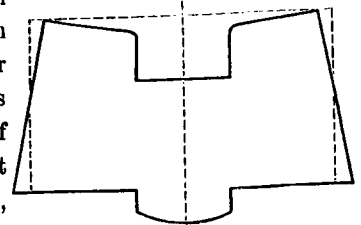
Dringt der Stempel tiefer ein, so vergrössert sich die Depression nicht mehr erheblich, dagegen tritt der vorher schon aus der unteren Begrenzungsebene des Arbeitsstückes vorstehende Knopf als cylindrischer, unten gewölbt begrenzter Körper (Lochkern, Putzen) hervor, aber, wie vorher, bei weitem nicht in dem Maasse,

in welchem der Stempel von oben eingedrungen ist. Es muss mithin geschlossen werden, dass während dieser Arbeitsperiode das unter dem Stempel befindliche Material entweder bedeutend comprimirt oder nach der Seite abgedrängt worden, abgeflossen ist.

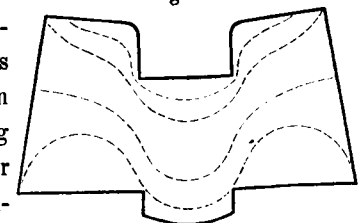
Gleichzeitig sehen wir die Materialschichten seitlich neben dem Loch gebogen, und zwar weit mehr, als die Depression der Oberfläche beträgt. Die Biegungslinien erhalten gegen die Lochbegrenzung abnehmenden Krümmungshalbmesser, d. h. bedeutend sich verschärfende Krümmung und nehmen neben der Lochbegrenzung und unter der unteren Stempelkante eine sehr steile Lage an, welche sodann unter der Stempelgrundfläche wieder in eine nach oben concave Krümmung übergeht. Man erkennt dabei die zu vermuthende Abscheerung als eine Richtungsänderung der Schichten durch eine Biegung um nahezu 90°. Die unterhalb des Stempels liegenden Schichten nehmen die Form von Wellen an mit einer nach unten sich etwas mehr verflachenden Form, und lassen sich die Wellen auch recht wohl in dem schon vorstehenden cylindrischen Theile des Lochkernes verfolgen. Die unten entstehende gewölbte Begrenzung desselben, sowie die darüber liegende Wellenform der Schichtungslinien erklärt sich dadurch,

dass der Abfluss des Materiales nach der Mitte des Loches in der Unterlage (Matrize) leichter erfolgt, als unmittelbar an den Rändern desselben.

Figur 1.



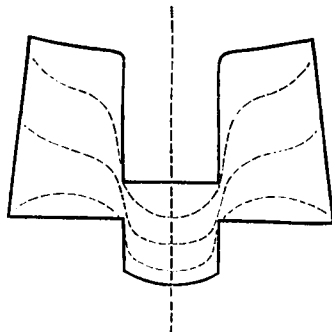
Figur 2.



*) Neuerdings auch wieder von Tresca in „The Engineer“, vol. 45, pag. 429 ff.

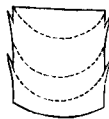
Bei weiter fortschreitendem Eindringen des Stempels zeigen sich unter demselben die Biegungslinien der Schichten als immer schärfer werdende, abgegrenzte Linien, welche die Richtung der verticalen Lochkante unter ganz spitzem Winkel schneiden. v. Reiche gibt („Civil-Ingenieur“ 1864, pag. 236) diesen Winkel für Eisen ziemlich constant $= 7^\circ$ an, hält aber sein Erscheinen als von einem quer durch das zu lochende Blech entstehenden Risse mit nach oben convergirender Begrenzung herrührend, während es, wie gezeigt, nur die starkgebogenen, nach oben divergirenden Schichten sind und von einem eigentlichen Querrisse nichts wahrnehmbar ist. Die gebogenen Schichten werden bedeutend gedehnt, so dass eine Schichte, welche im anfänglichen ungebogenen Zustande eine Länge gleich der Breite des Arbeitsstückes hatte, nachmals eine $1\frac{1}{2}$ - bis 2mal so grosse Länge erhalten kann. Bei dieser Dehnung entsteht selbstverständlich auch eine Contraction der Schichtendicke und endlich das Abreissen der allzusehr gedehnten Schichten. Sobald dieser Zeitpunkt eintritt, kann das Auspressen der Lochkerne mit geringerer Krafteinwirkung erfolgen, das Arbeitsstück deformirt sich nicht mehr, die Materialhöhe unter dem Stempel bleibt constant, d. h. der Lochkern tritt unten genau in demselben Maasse vor, als der Stempel von oben eindringt.

Figur 3.



Fällt der Lochkern endlich unten vollständig heraus, so zeigt derselbe an seiner rauhen Cylinderfläche die nach oben gebogenen Enden der in Folge allzustarker Dehnung abgerissenen Schichten.

Figur 4.



Es ergibt sich mithin, dass wir den ganzen Process beim Lochen als in zwei wesentlich verschiedene Abschnitte zerfallend denken müssen; im ersten Abschnitte erfolgt die Deformation des Arbeitsstückes, die Biegung der Schichten, im zweiten der Riss der gebogenen Schichten, die sogenannte Abscheerung.

Was den ersten Abschnitt betrifft, so ist zuvörderst die Frage zu erledigen, wohin dasjenige Materialvolumen dislocirt worden ist, welches sich von Anfang an unter dem Stempel befand, und mit weiter fortschreitendem Eindringen des Stempels von dem Lochkerne verschwindet, der ja in seiner Höhe abnimmt. Ist eine Compression eingetreten, so muss das specifische Gewicht des herausgepressten Kernes höher geworden sein, als das des Arbeitsstückes vor dem Lochen. Ist dagegen das specifische Gewicht nicht höher geworden, so ist auch keine Compression zu vermuthen, und muss das fehlende Material-Volumen, als zur Seite abgeflossen, dislocirt betrachtet werden. Es haben sich ähnliche Fragen auch schon die Herren Hoopes & Townsend vorgelegt und die specifischen Gewichte ausgedrückter Kerne und der zugehörigen Arbeitsstücke bestimmt und dabei z. B. folgende Zahl erhalten:

1. Arbeitsstücke. 2. Lochkerne.

Gewicht ausser Wasser	3.78	14.996
Gewicht im Wasser	3.297	13.07
Gewichtsdifferenz	0.483	1.926
Dichte	7.826	7.786

Es zeigt sich somit nicht nur keine Zunahme, sondern sogar eine Abnahme der Dichte, welches eigenthümliche Resultat

die Herren Hoopes & Townsend auf Rechnung von Zufälligkeiten, kleinen Fehlern der Wägung etc. setzen zu sollen glauben. Ich habe nun aber bei allen meinen Wägungen dasselbe Resultat erhalten, d. h. ein etwas kleineres specifisches Gewicht der Kerne als der Arbeitsstücke. Es schien mir aber gleichzeitig nicht bloss möglich, sondern sehr wahrscheinlich, dass in den Kernen selbst verschiedene Dichten vorkämen, und die für den ganzen Kern erhaltene Dichte gleichsam nur der Mittelwerth einer sehr variablen Grösse der Dichten in den verschiedenen Theilen des Kernes sei. Ich habe deshalb zunächst von einigen zur Hälfte gelochten Stücken den unten vorstehenden Theil abgenommen und sowohl für diesen als für den andern Theil, das Arbeitsstück, die specifischen Gewichte bestimmt und z. B. erhalten:

Arbeitsstücke. Kerne.

	I.	II.	I.	II.
Gewicht ausser Wasser	280.132	98.185	3.772	6.948
Gewicht im Wasser	243.342	85.287	3.271	5.992
Gewichtsdifferenz	36.790	12.898	0.501	0.956
Specifisches Gewicht	7.647	7.612	7.529	7.268

Das Resultat dieser Wägungen hat meine Vermuthungen allerdings bestätigt, ich habe aber, um auch noch die Art der Pressungsvertheilung durch den Grad der Aenderung in den Dichten zu erkennen, eine weitere Reihe von Versuchen gemacht, indem ich vollständig ausgestossene Lochkerne ihrer Höhe nach in mehrere Theile (einige in 3, andere in 5 Scheiben) zerschnitt und für jede Scheibe die specifischen Gewichte bestimmte. Leider waren die Kerne, mit welchen ich diese Versuche anstellte, geringeren Blechdicken entnommen, bei welchen die Abnahme in der Höhe viel geringer war, und daher auch die Verschiedenheit in den Dichten nicht so bedeutend ausfallen konnte; immerhin zeigen auch diese Wägungen, dass die Dichten nicht in allen Höhen des Kernes die gleichen sind. So wurden:

	Kern I	II	III
Oberste Scheibe	7.712	7.712	7.719
Mittlere „	7.666	7.707	7.647
Unterste „	7.674	7.663	7.649

Aus diesen Wägungen geht aber ziemlich klar hervor, dass der von dem Stempel ausgeübte Druck nicht in gleicher Intensität in jeder Tiefe wirkt, sondern von der Unterfläche des Stempels ungefähr normal zu den Schichtungslinien gegen die Auflagefläche des Arbeitsstückes sich fortpflanzt und durch diesen Druck sich zunächst in den unteren Ecken des Arbeitsstückes eine Verbreiterung ergibt.

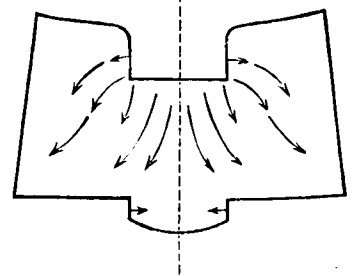
Möglicherweise ist auch durch die scharfe Biegung der Schichten, wie wir sie im Lochkerne verfolgen können, eine mit der entsprechenden Dehnung Hand in Hand gehende Verringerung in der Dichte eingetreten.

Bei einem Versuchsstücke, welches der Reihe nach folgende Dichte zeigte:

7.641 — 7.631 — 7.588 — 7.662 — 7.699,

wird die gegen unten wieder sichtbare Zunahme der Dichten durch die seitliche Pressung an den Lochwandungen der Matrice wohl veranlasst sein, was um so wahrscheinlicher ist, als der Kern in Folge der auch in seinem vorstehenden Theile herrschenden

Figur 5.



Für grössere Werthe von $\frac{D}{h_1}$, also auch von $\frac{D}{\delta}$ als $1.54 = \frac{1}{0.65}$ tritt keine Compression, oder vielmehr keine Dislocation des Materiales mehr ein.

Es muss indessen nicht ganz naturgemäss erscheinen, dass bei irgend welchen Verhältnissen von $\frac{D}{\delta}$ die Abscheerung der Anhaftungsfläche beginne, sobald nur der Stempel in die leiseste Berührung mit der Oberfläche des Arbeitsstückes kommt. Der Stempel muss in Berührung mit dieser Oberfläche einen gewissen, wenn auch nicht leicht messbaren Weg nach abwärts zurücklegen, damit sich die Pressungen überhaupt durch die ganze Tiefe des Arbeitsstückes fortpflanzen. Erst dann kann das Abscheeren des Lochkernes beginnen, d. h. vielmehr, wie aus den Abbildungen hervorgeht, die rasche Biegung der Schichten, sowie die darauf erfolgende Dehnung und das Abreissen der gebogenen Schichten. Dass eine Compression eintritt, zunächst an den obersten Schichten des Kernes, ist ja auch aus den dort sich vorfindenden höheren Werthen der Dichten zu schliessen, wenn auch diese Compression selbst vielleicht nicht messbar ist.

Wenn ich mir somit den ganzen Vorgang des Lochens in zwei wesentlich verschiedene Vorgänge, denjenigen der Dislocations- und denjenigen der Abscheerungs-Periode, zerfallend denken muss, so sehe ich darin auch ein Mittel, die Grösse des nöthigen Arbeitsaufwandes nach neuer Art zu bestimmen.

Bezeichnet man mit

$d t$ die Aenderung der Eindringtiefe,
 $d p$ " " " totalen Kernhöhe,
 $d s$ " " " vorstehenden Kernhöhe, während eines unendlich kleinen Zeit-Elementes, so ist die diesen Aenderungen entsprechende Dislocations-Arbeit:

$$d A_1 = \frac{D^2 \pi}{4} k d p,$$

und die gleichzeitige Abscheerungsarbeit:

$$d A_2 = D \pi (h - d p) k_2 d s.$$

Setzt man nun zur Vermeidung unnöthiger Complicationen

$$d p = d t \text{ und } d s = d t,$$

sowie

$$k = k_1 \frac{h}{h_1},$$

$$h = \delta - t,$$

$$h_1 = 0.65 D,$$

so wird

$$\begin{aligned} d A_1 &= \frac{D^2 \pi}{4} k_1 \frac{h}{h_1} d t, \\ &= \frac{D \pi}{2.6} k_1 (\delta - t) d t, \end{aligned}$$

mithin die gesammte Dislocations-Arbeit

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{D \pi}{2.6} k_1 \left(\delta t - \frac{1}{2} t^2 \right)_{t=0}^{t=t_1} = \delta - 0.65 D \\ &= \frac{D \pi}{2.6} k_1 \left(\frac{1}{2} \delta^2 - 0.21 D^2 \right), \\ &= \frac{D^3 \pi}{2.6} \cdot \frac{k_1}{2} \left[\left(\frac{\delta}{D} \right)^2 - 0.42 \right] \dots \dots \dots 4 a). \end{aligned}$$

Ebenso erhält man für die Abscheerungsarbeit

$$\begin{aligned} d A_2 &= D \pi (\delta - t - d p) k_2 d s, \\ &= D \pi (\delta - t) k_2 d s, \end{aligned}$$

wobei unendlich kleine Grössen zweiter Ordnung vernachlässigt wurden, es wird daher

$$\begin{aligned} A_2 &= k_2 D \pi \left(\delta t - \frac{1}{2} t^2 \right)_{t=0}^{t=\delta} \\ &= D \pi k_2 \frac{1}{2} \delta^2, \\ &= \frac{D^3 \pi k_2}{2} \left(\frac{\delta}{D} \right)^2 \dots \dots \dots 4 b). \end{aligned}$$

Mithin wird die gesammte Arbeit beim Lochen

$$A = A_1 + A_2 = \frac{D^3 \pi k_2}{2} \left\{ \frac{k_1}{2.6 k_2} \left[\left(\frac{\delta}{D} \right)^2 - 0.42 \right] + \left(\frac{\delta}{D} \right)^2 \right\}.$$

Es ist aber $\frac{k_1}{k_2} = 2.6$, daher

$$A = \frac{D^3 \pi k_2}{2} \left[2 \left(\frac{\delta}{D} \right)^2 - 0.42 \right].$$

Hiezu kommt noch derjenige Arbeitsbetrag, welcher der Erwärmung des Materiales (sowohl des Lochkernes als des umgebenden) entspricht. Einerseits konnten aber hierüber keine bestimmten Messungen vorgenommen werden, andererseits haben auch die nur schätzungsweise durchgeführten Rechnungen gezeigt, dass der, der Erwärmung des Materiales entsprechende Arbeitsaufwand den vorhergehend berechneten Arbeitsbetrag nur unbedeutend vermehrt.

Den Werth k_2 nimmt Hartig = 39 kg an, ein nahezu gleicher Werth folgt mit = 40 kg aus anderen Versuchen; nimmt man etwa letzteren, d. h. $k_2 = 40$, so wird

$$A = D^3 \pi \cdot 40 \left[\left(\frac{\delta}{D} \right)^2 - 0.21 \right] \dots \dots \dots 5 a),$$

aber gilt nur dann, wenn $\frac{D}{\delta} < 1.54$, wenn also überhaupt eine Dislocations-Periode auftritt. Für $\frac{D}{\delta} > 1.54$ tritt nur die Abscheerungs-Periode auf, und lautet dann die Gleichung für die aufzuwendende Arbeit mit $A_1 = 0$

$$A = A_2 = D^3 \pi \cdot 40 \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{\delta}{D} \right)^2 \dots \dots \dots 5 b).$$

Da die gesammte endliche Loch- oder Schnittfläche gesetzt werden kann

$$F = D \pi \delta = D^2 \pi \left(\frac{\delta}{D} \right),$$

so ist die Arbeit per Quadrat-Millimeter Schnittfläche in Millimeter-Kilogramm ausgedrückt

$$a = \frac{A}{F} = 40 D \left[\left(\frac{\delta}{D} \right) - 0.21 \left(\frac{D}{\delta} \right) \right] \text{ für } \frac{D}{\delta} < 1.54,$$

beziehungsweise

$$a = 40 D \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\delta}{D} \right) \right] \text{ für } \frac{D}{\delta} > 1.54,$$

oder auch

$$\left. \begin{aligned} a &= 40 \delta \left[1 - 0.21 \left(\frac{D}{\delta} \right)^2 \right] \text{ für } \frac{D}{\delta} < 1.54 \\ a &= \frac{40 \delta}{2} \text{ für } \frac{D}{\delta} > 1.54 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 6),$$

oder ausgedrückt in Meter-Kilogramm

$$\left. \begin{aligned} a &= 0.04 \delta \left[1 - 0.21 \left(\frac{D}{\delta} \right)^2 \right] \text{ für } \frac{D}{\delta} < 1.54 \\ a &= 0.02 \delta \text{ für } \frac{D}{\delta} > 1.54 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 7).$$

So erhält man z. B. für

$$\frac{D}{\delta} = 0.4 \quad 0.6 \quad 0.8 \quad 1.0 \quad 1.2 \quad 1.4 \quad 1.6 \quad 1.8$$

$$\frac{a}{\delta} = 0.039 \quad 0.037 \quad 0.035 \quad 0.032 \quad 0.028 \quad 0.023 \quad 0.02 \quad 0.02.$$

Für dieselbe Grösse a hat Hartig eine empirische Formel aufgestellt, nämlich

$$a = 0.25 + 0.0145 \delta.$$

Beide Gleichungen stimmen überein und geben den gleichen Werth für a , bei Verhältnissen $\frac{D}{\delta}$, welche man erhält, wenn man setzt:

$$0.04 \delta \left[1 - 0.21 \left(\frac{D}{\delta} \right)^2 \right] = 0.25 + 0.0145 \delta$$

$$\left(\frac{D}{\delta} \right)^2 = \frac{0.04 \delta - 0.0145 \delta - 0.25}{0.0084 \delta}$$

$$\frac{D}{\delta} = \sqrt{3 - \frac{30}{\delta}},$$

mithin bei folgenden Werthen:

$\delta = 15$	20	25	30	35	40 ^{mm}
$\frac{D}{\delta} = 1.00$	1.22	1.34	1.41	1.46	1.50
$a = 0.467$	0.540	0.612	0.685	0.758	0.830 ^{mkg.}

Diese Uebereinstimmung scheint mir endlich die Richtigkeit meiner Voraussetzungen und Folgerungen darzuthun, oder wenigstens gegen das Vorhandensein grosser Unrichtigkeiten in denselben zu sprechen. Wenn ich in Vorstehendem die Ergebnisse einer kleinen Studie veröffentliche, so kann ich nicht umhin, der Direction der Karlsruher Maschinenfabrik meinen Dank zu sagen, welche mir gestattete, mit ihrer Lochmaschine die erwähnten Versuche anzustellen.

Die ganze Arbeit ist freilich mit Mängeln behaftet, unter welchen vor Allem der Umstand Erwähnung verdient, dass die Versuche mit rohen Stücken von Schmiede- und Walzeisen angestellt wurden, deren Oberflächen nicht absolut eben, und deren Stärken nicht ganz genau an allen Punkten die gleichen waren. Es konnten in Folge dessen auch die Messungen der Kernhöhen und Compressionen in den Decimalen der Millimeter nicht mehr ganz zuverlässig sein. Sollte, was ich wünsche, diese Veröffentlichung Anregung geben zu weiteren Versuchen in dieser Richtung, so sollten diese, was mir nicht möglich war, mit genau rechtwinklig und ebenflächig bearbeiteten Werkstücken angestellt werden. Es müssten ferner zur besseren Erkenntniss der Druckvertheilung einzelne besondere Versuchsstücke künstlich hergestellt werden, welche aus einer Anzahl ebenflächig aufeinander aufgepasster dünner Lamellen gebildet sein müssten. Diese würden, wenn die einzelnen Lamellen gegen Verschiebung gesichert würden, bei Lochversuchen die Schichtungslinien viel schärfer und correcter zeigen, als es bei meinen Versuchsstücken der Fall ist, bei welchen alle Unregelmässigkeiten der Paketirung u. a. erscheinen.

Was endlich das Verfahren der Hervorbringung der Schichtungslinien betrifft, so ist dies zwar, so viel ich glaube, neu, aber ausserordentlich einfach, und beruht dasselbe zunächst in der Benützung einer sehr verdünnten Lösung von Platinchlorid. Ich habe mit keiner andern Flüssigkeit, auch nicht mit der von Tresca benützten Quecksilberlösung, so schöne, deutliche, dunkelbraune Linien auf der grau glänzenden Eisenschlifffläche erhalten können, als mit der erwähnten Platinlösung. Ich benützte dazu das in

hiesigen chemischen Laboratorium vorhandene Platinchlorid in einer Verdünnung von einem Tropfen auf 250 bis 300 Tropfen Wasser. Diese Flüssigkeit wurde in eine Schale (gewöhnliche Tuschschale) gefüllt, und das Probestück, mit der Schlifffläche nach unten, hineingestellt, so dass es nur mit den vier Ecken aufruhte, mit der ganzen Schlifffläche aber frei hing. Es ist dabei besonders nur darauf zu sehen, dass der Schlifffläche jedes Fett genommen wird, da die Flüssigkeit sonst nicht ganz mit derselben in Berührung kömmt. Ein Abwaschen mit Aether oder auch Abschleifen mit ganz feinem Schmirgel und nochmaliges rasches Abwaschen mit Wasser kann zu diesem Zwecke dienen.

Sind die Schichtungslinien nach kurzer Zeit in genügender Schärfe erschienen, so brauchen dieselben lediglich mit Oel (säurefreiem thierischen Oele) fixirt zu werden, um lange Zeit (nach meiner Erfahrung bis jetzt, nahezu ein Jahr lang) unverändert zu bleiben.

Der Oberbau

der

Localbahnen Kriegsdorf-Römerstadt, Unterdrauburg-Wolfsberg und Müzzzuschlag-Neuberg.

Von

Ober-Ingenieur **G. Plate.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 30.)

Der Gesetzesbestimmung gemäss, dass die obgenannten normalspurigen Localbahnen nur mit 15^{km} Geschwindigkeit befahren werden sollen und der weiteren Annahme zufolge, dass die Achsenbelastung der Locomotiven neun Tonnen nicht überschreite, konnte der Oberbau dieser Bahnen bedeutend leichter, als jener von Hauptbahnen gehalten werden, ohne gegen die Grundsätze der Sicherheit zu verstossen.

Die Schienen sind aus Bessemerstahl erzeugt und haben eine normale Länge von 7^m, während für den inneren Strang der Curven, welche bis zu $R = 150^m$ vorkommen, verkürzte Schienen von 6.90^m angewendet wurden. Für die Weichenanlagen, Brücken und zum Ausgleichen wurden ausserdem eine geringe Partie Schienen von 6^m und 5^m beschafft. Die Höhe der Schienen beträgt 102^{mm}, ihre Kopfbreite 50^{mm}, die Fussbreite 90^{mm}, die Stegdicke in der Mitte 10^{mm}.

Die Schienenverbindung erfolgt im schwebenden Stoss mittelst scharf anliegenden Laschen, von denen die äussere Winkelform hat und sich mit den Schenkeln an die Hakennägel auf den nächsten Schwellen anlegt. Die Schienen haben keine Einkerbungen und an jedem Ende zwei Löcher für die Laschenbolzen. Die Länge der Winkellasche beträgt 426^{mm}, jene der glatten Innenlasche 400^{mm}. Die Köpfe der Laschenbolzen, welche 16^{mm} Durchmesser haben, legen sich in die eingewalzte Nuth der Winkellasche. Die Hakennägel haben bei einem quadratischen Querschnitt von 14^{mm} Seite eine Totallänge von 150^{mm} und sind geschärft. Der Kopf hat weder rückwärts noch seitlich Ansätze, weshalb zum Ausziehen fest angreifende Zangen erforderlich sind, wie solche in letzterer Zeit mehrfach in technischen Journalen veröffentlicht wurden. Die Unterlagsplatten sind glatte Bleche ohne Rippen von 7^{mm} Dicke, 100^{mm} Breite und 150^{mm} Länge; für ihre Fabrikation wurde vorgeschrieben, dass die Walzung

rechtwinklig gegen die Schienenrichtung erfolge, um auf diese Weise eine grössere Festigkeit gegen das Abscheeren zu erhalten. Jede Platte hat zwei versetzte Nagellöcher.

Die Schwellen-Dimensionen sind gegenüber den üblichen für Hauptbahnen verringert, und zwar die Länge auf 2·3^m, die Stärke auf 140^{mm}, die untere Breite auf 200^{mm} bei 150^{mm} Auflagefläche für die Schienen.

Auf eine Schienenlänge von 7^m entfallen acht Schwellen in der Weise, dass ihre Entfernung am Stoss 480^{mm}, in der Schienenmitte 950^{mm} beträgt. Eine Ausnahme hievon macht die Linie Kriegsdorf-Römerstadt, für welche Bahn die Schwellen durch die gräflich Harrach'sche Domänenverwaltung, welche für das Zustandekommen der Bahn ein besonderes Interesse hatte, zu einem aussergewöhnlich geringen Preise (30 kr. per Stück loco Lagerplatz an der Bahn) aber in verminderten Breiten-Dimensionen beigelegt wurden, welcher Umstand Veranlassung war, anstatt acht Schwellen deren neun per Schienenlänge zu verwenden.

In der Geraden und in Bögen bis 600^m Radius entfallen auf jede Schwelle vier Nägel, in Bögen unter 600^m Radius wird der äussere Strang aussen doppelt genagelt. Unterlagsplatten sind auf allen Schwellen nächst dem Schienenstoss angewendet; ausserdem per Schiene noch eine Platte in Bögen von 450 bis 250^m und zwei dergleichen in Bögen unter 250^m Radius. Spurstangen sind nicht vorhanden.

Das Gewicht der Schiene beträgt per laufenden Meter 23·7^{kg}, das eines Laschenpaares 5·5^{kg}, einer Platte 0·82^{kg}, eines Bolzens 0·225^{kg} und eines Nagels 0·22^{kg}, somit sämtlicher Befestigungsmittel in der Geraden per laufenden Meter Geleise 3·3^{kg}, das ist 7% des Schienengewichtes.

Die Inanspruchnahme des Materials der Schienen beträgt bei der Maximalentfernung der Schwellen mit 0·95^m und einer Maximalbelastung von 4·5 Tonnen, 10·6^{kg} per Quadrat-Millimeter.

Eine Herabminderung obiger Gewichte für die Schienen und Befestigungsmittel erscheint bei dem gegebenen Programm kaum mehr thunlich; ein kleineres Schienengewicht müsste eine Vermehrung der Schwellen und Befestigungsmittel zur Folge haben, wodurch der etwa zu erzielende Gewinn an Schienenmaterial nahezu aufgewogen und ausserdem constructive Unzukömmlichkeiten herbeigeführt würden.

Die Herren Béal und de Basiré haben in ihrem diesbezüglichen Berichte an den Minister der öffentlichen Arbeiten in Paris (siehe „Centralblatt für Eisenbahn und Dampfschiffahrt“, Nr. 122 ex 1878) das Gewicht der Schienen für normalspurige Localbahnen mit 18 bis 20^{kg} per laufenden Meter angegeben; ich möchte jedoch bezweifeln, dass ein so geringes Gewicht zur Herstellung eines soliden Oberbaues mit Querschwellen für normalspurige Bahnen genügend ist, wenn nicht die Fahrbetriebsmittel zu sehr darunter leiden sollen, und in Hinsicht der Sicherheit andere Principien aufgestellt werden, als heute im Allgemeinen für öffentliche Bahnen mit Personenverkehr üblich ist.

Bei den in Rede stehenden Localbahnen beträgt die Geleisentfernung in den Stationen nur 4^m, entgegen der sonst allgemein üblichen Distanz von 4·75^m; die Sicherheitsschwellen werden bei einer Geleisentfernung von 3·75^m eingelegt, welcher Punkt bei 45^m Entfernung von der Weichenspitze liegt. Die Construction

der Personenwagen mit Plateaus und Intercommunication beeinflusste die Wahl der geringen Geleisentfernung.

Die Ausweichen sind mit denselben Radien, wie solche in der offenen Bahn vorkommen, nämlich mit 150^m durchgeführt, es beträgt der einzige zur Anwendung kommende Kreuzungswinkel 7°; die Entfernung der mathematischen Kreuzungsspitze vom Anfang der Weichenstockschiene ist 22·23^m. Die Verlegung der Geleisstränge zwischen Weiche und Kreuzung kann mit den normalen Schienenlängen von 7^m, 6·9^m und 5^m ohne Verkürzungen durchgeführt werden.

Für jede Weichenanlage sind 23 Stück Schwellen abnormaler Längen erforderlich, deren Ausmass zusammen per Weiche 1·1^{km} beträgt; der grössere Theil ist wie die normalen Schwellen waldkantig.

Die Weichenzungen bestehen aus Bessemerstahl und haben eine Länge von 4·5^m, die Höhe der L-förmigen Zungen ist 72^{mm}, bei einer Fussbreite von 111^{mm}; die Hobelung erstreckt sich auf eine Länge von 1·990^m.

Die Stockschienen sind gerade und 5^m lang.

Die Weichen sind mit Unterzugsblechen von 340^{mm} Breite und 4·720^m Länge versehen, auf welchen die Stockschienen mit Klemmplatten befestigt sind; während die Zungen auf 30^{mm} hohen schmiedeisernen Backen gleiten, welche letztere mit den Unterzugsblechen vernietet sind. Die Verlegung der Weichen erfolgt direct auf den Querschwellen, welche durch keine Langschwellen verbunden werden und die Befestigung der zwei Weichenhälften durch gewöhnliche Hakennägel. Die Zungen drehen sich mittelst eines Stahlzapfens in dem schmiedeisernen Wurzelstuhl.

Die Stellvorrichtung der Weiche besteht aus einem einfachen gusseisernen Bock und einem Gewichtshebel mit Schleifenöffnung, welcher in die unter den Unterzugsblechen durchgeführte Zugstange eingreift, welche letztere mit der Zunge verbunden ist. Das Gewicht einer complicirten Weiche sammt Stockschienen u. s. w. beträgt 1100^{kg}.

Das Kreuzungsstück aus Hartguss hat eine Totallänge von 1·880^m und ist mittelst sechs Durchschrauben auf drei Querschwellen ohne Holzrost befestigt. Diese drei Schwellen haben eine abnormale Höhe von 180^{mm}, um die die Schienenhöhe übersteigende Höhe des Gussstückes durch Einlassen desselben auszugleichen.

Die anstossenden Schienen sind mit dem Kreuzungsstücke in gewöhnlicher Weise verbunden; das Gewicht desselben beträgt 300^{kg}.

Die Weichen haben keinerlei Signalscheiben und Laternen. Wenn auch ein eigentlicher Nachtverkehr auf den Localbahnen ausgeschlossen ist, so ist es für die Wintermonate doch fast unvermeidlich, dass ein oder der andere Zug in die Abendstunden fällt. In diesem Falle wird an einem neben dem Wechselständer eingegrabenen Pfahl eine gewöhnliche Wächterlaterne gehängt, um dem ankommenden Zuge die Stellung des Wechsels zu signalisiren.

Berichtigungen.

Heft VI u. VII, Seite 93, Spalte 2, Zeile 15 von oben ist das Wort „werden“ auszulassen.

Seite 97, Spalte 1, Zeile 4 von unten lies: 1·9^{km} statt 1·9^{km}.

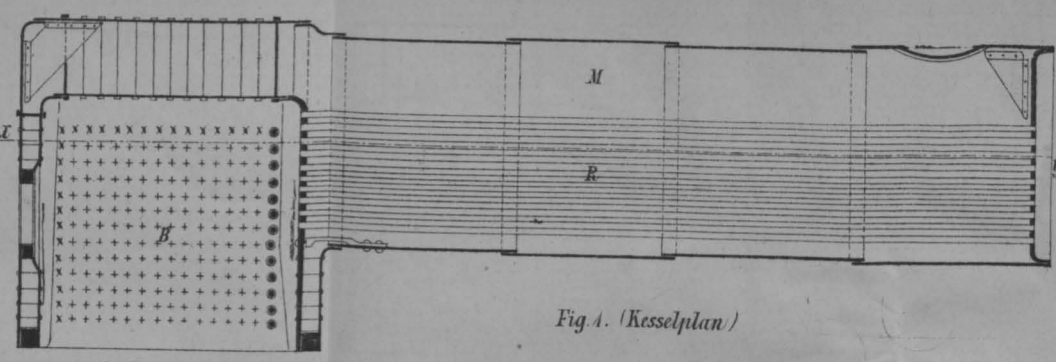


Fig. 1. (Kesselpfan)

©: Stehbolzen, welche zur Schöpfung der Kesselpfannen unter gewöhnlichen, x Stehbolzen, welche unter ungünstigen Umständen durch neuartige ersetzt werden sollten.

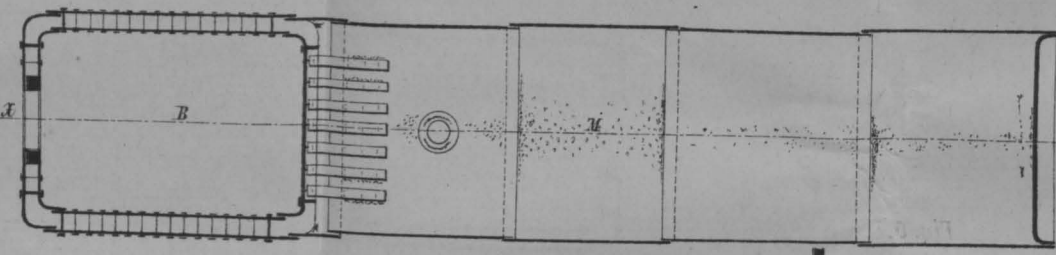


Fig. 2.
(Heizthürring)

$\alpha\beta$ Risse im Heizthürring $\gamma\gamma$ Ausbröckelungen in Folge des Schubes nach Oben.

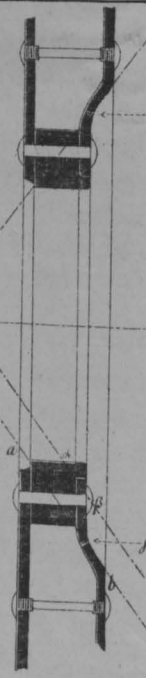


Fig. 3. Horizontalabschnitt durch einen Stehkessel.

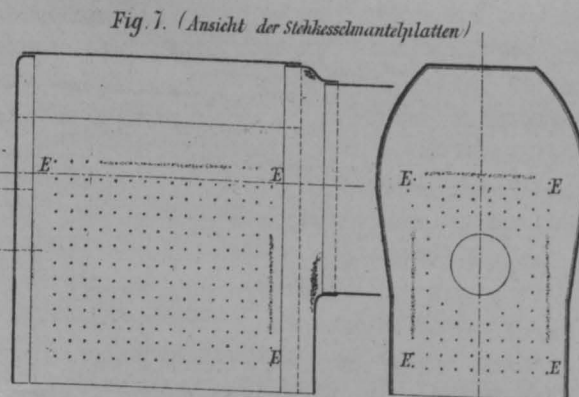


Fig. 7. (Ansicht der Stehesselmantelplatten)

EE Stehbolzenreihen, in welchen vorzugsweise die ritzenförmigen Ausfräsungen gefunden werden.

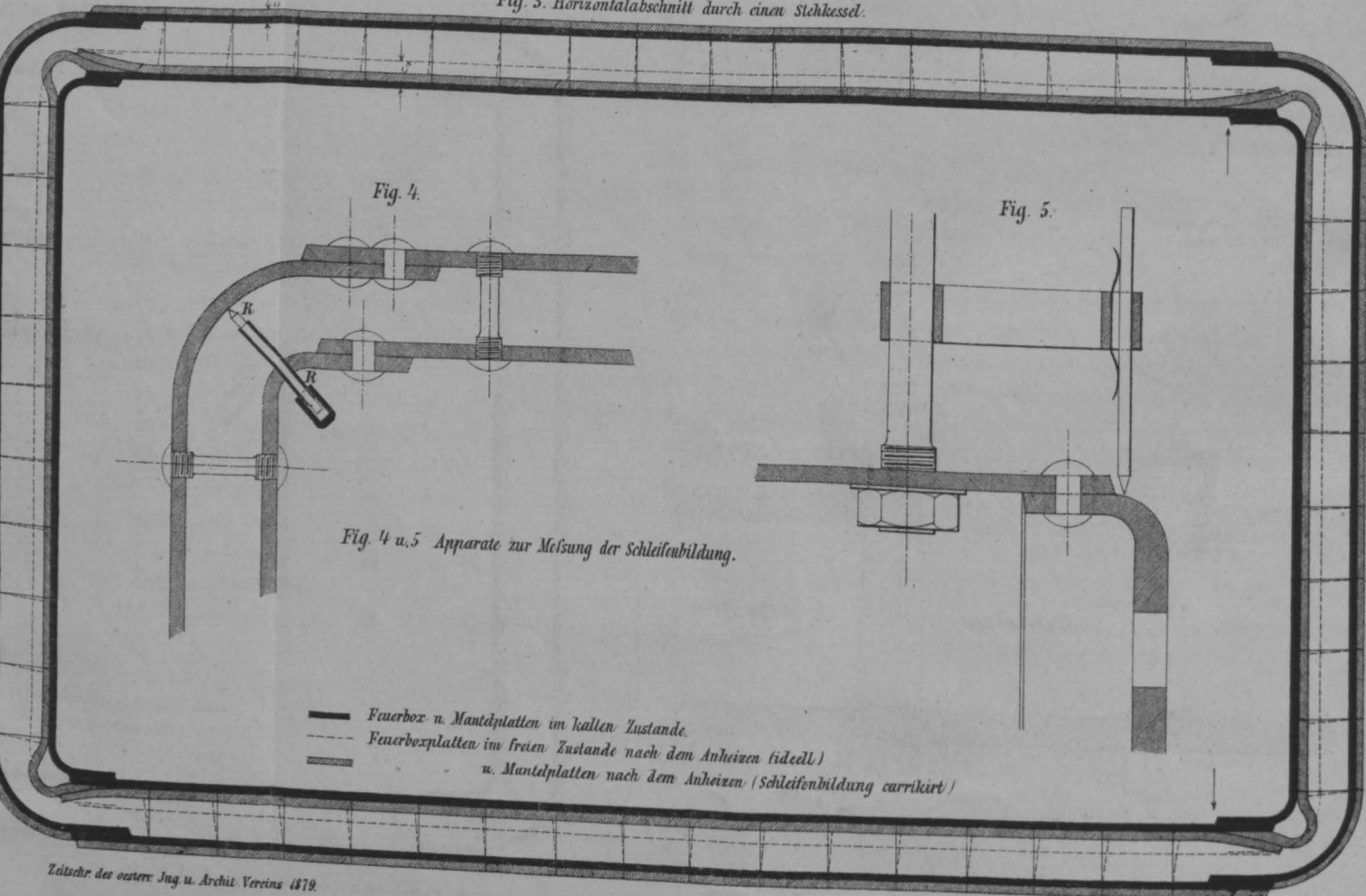


Fig. 4 u. 5 Apparate zur Messung der Schleifenbildung.

— Feuerbox u. Mantelplatten im kalten Zustande.
--- Feuerboxplatten im freien Zustande nach dem Anheizen (ideell)
u. Mantelplatten nach dem Anheizen (Schleifenbildung carrikiert)

Fig. 8. Stehbolzen mit um den Kopf herumgelegener Kapsel.
V. Viereck zum Einschrauben.
Fig. 9. Stehbolzen mit Verschlussmutter und Gegenmutter für ausgemeißelte Löcher in den Feuerboxplatten.
Fig. 10. Stehbolzen, der bloß auf absolute Festigkeit beansprucht wird.
Fig. 11. Stehbolzen mit Verschlussmutter und genietetem Schaft.
Anstatt der eingeschraubten Kapseln können auch aufgenietete oder aufgeschraubte angewendet werden. Die unter Fig. 9 gezeichnete geschlossene Gegenkapsel kann durch geeignete Form des Gewindes und entsprechende Manipulation beim Einschrauben für sich allein die nötige Beweglichkeit herstellen.

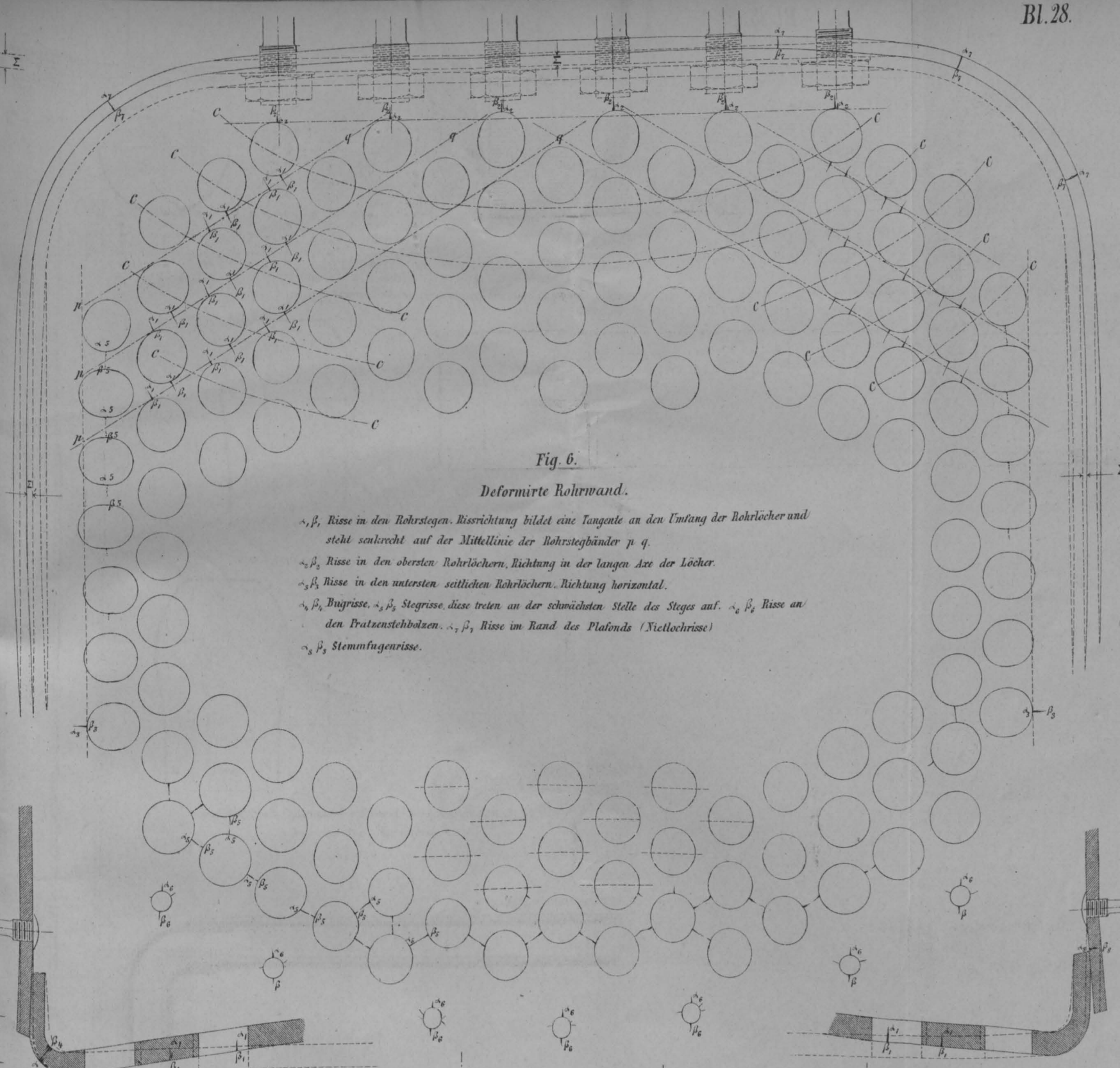
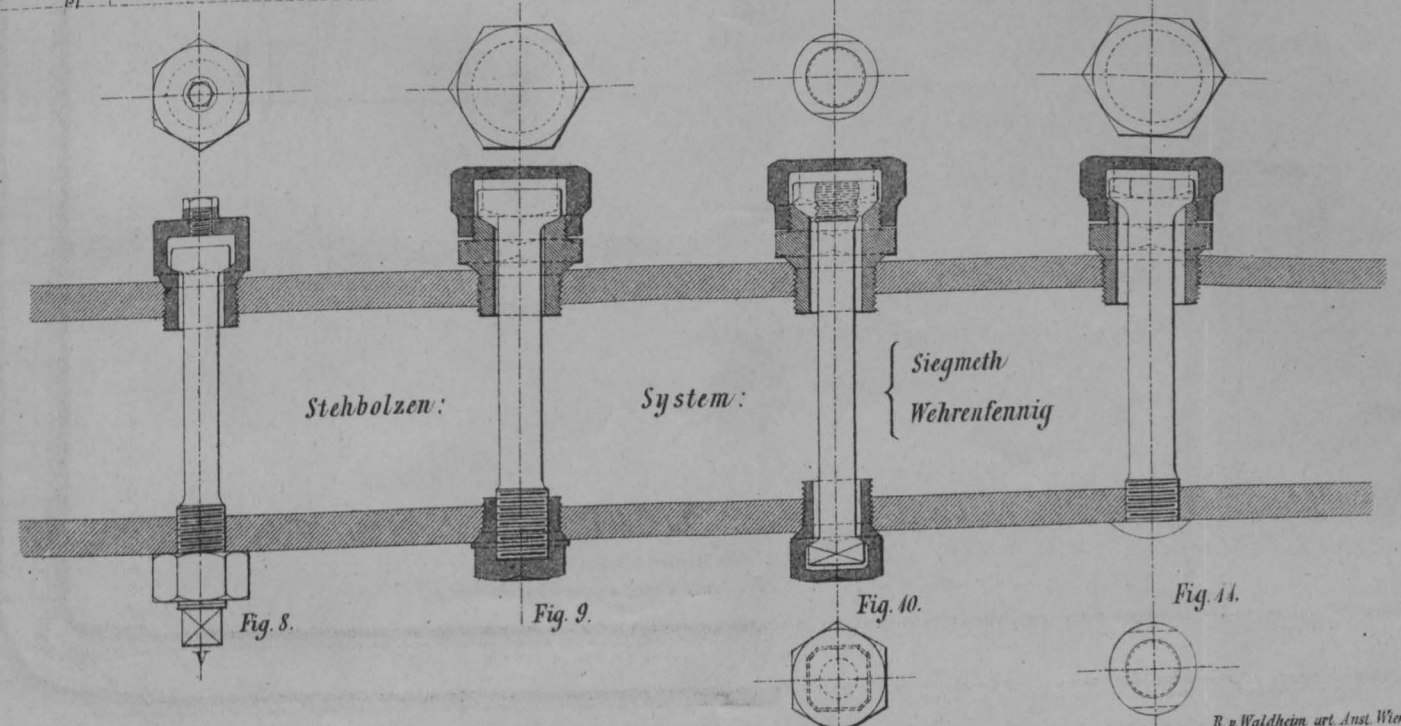


Fig. 6.

Deformirte Rohrwand.

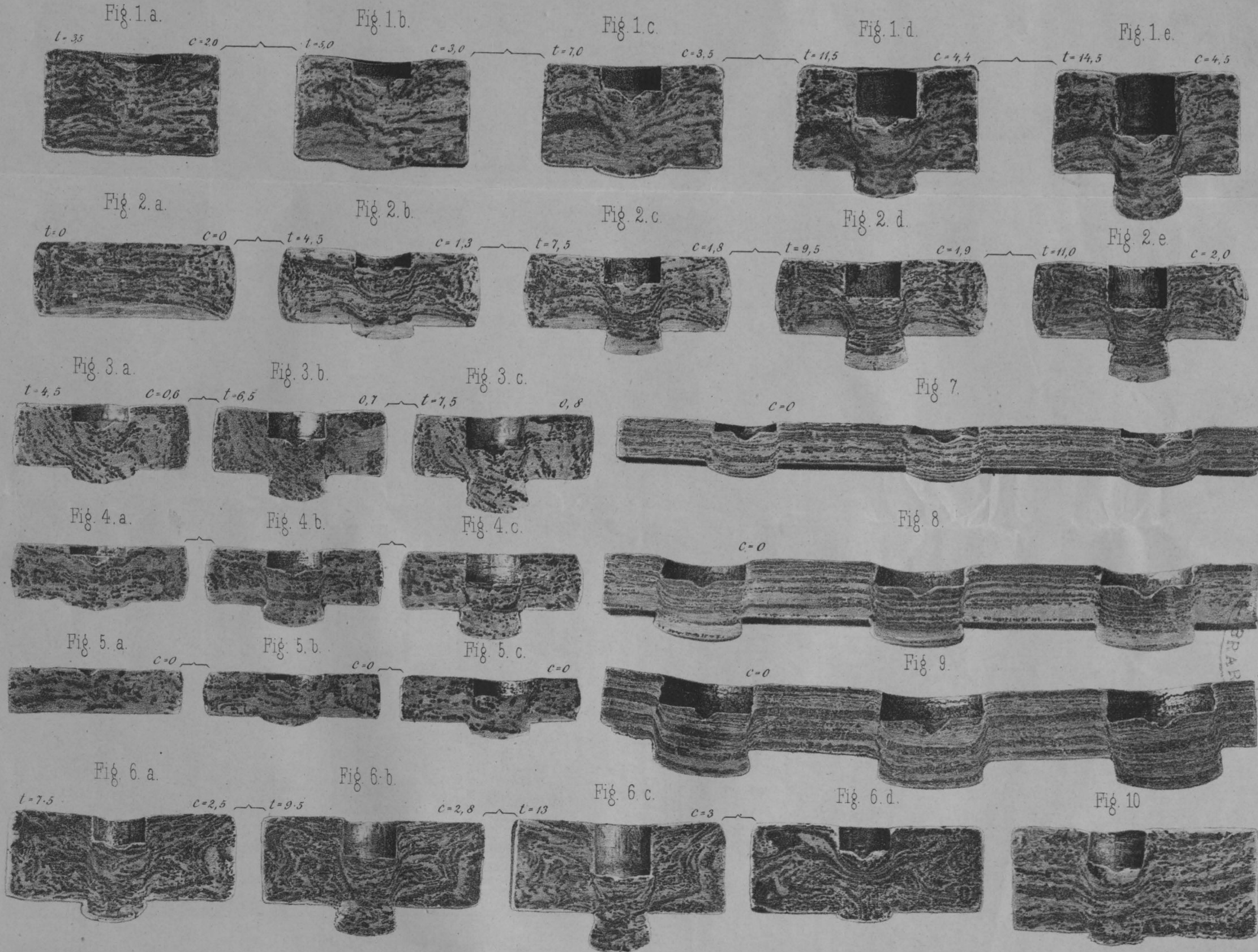
$\alpha_1\beta_1$ Risse in den Rohrstegen. Rissrichtung bildet eine Tangente an den Umfang der Rohrlöcher und steht senkrecht auf der Mittellinie der Rohrstegbänder p q .
 $\alpha_2\beta_2$ Risse in den obersten Rohrlöchern. Richtung in der langen Axe der Löcher.
 $\alpha_3\beta_3$ Risse in den untersten seitlichen Rohrlöchern. Richtung horizontal.
 $\alpha_4\beta_4$ Bugrisse, $\alpha_5\beta_5$ Stegrisse, diese treten an der schwächsten Stelle des Steges auf. $\alpha_6\beta_6$ Risse an den Bratenstehtbolzen. $\alpha_7\beta_7$ Risse im Rand des Plafonds (Nietlocherisse)
 $\alpha_8\beta_8$ Stemmungenrisse.

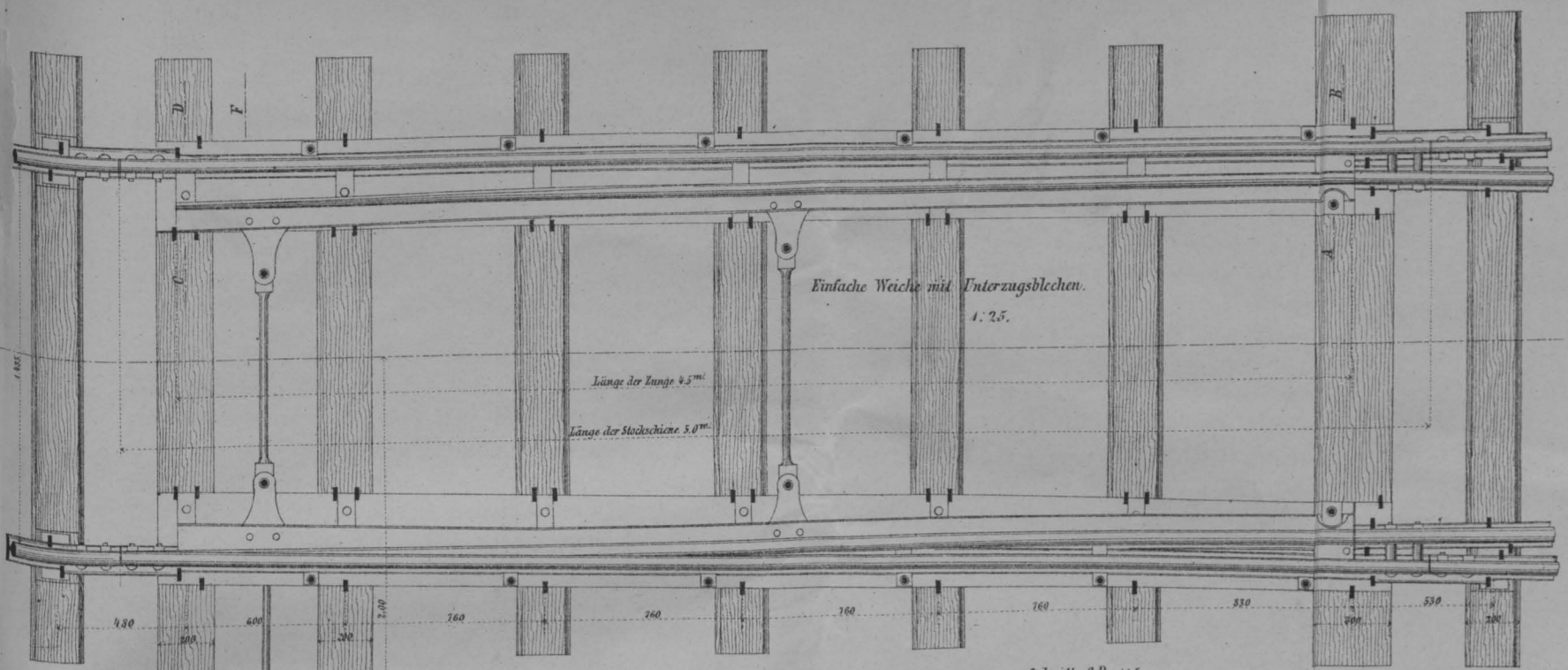


Stehbolzen:

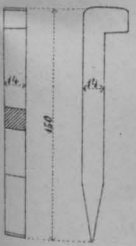
System:

Siegmeth
Wehrenfennig

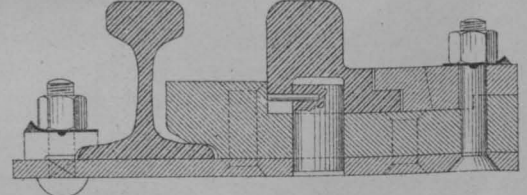




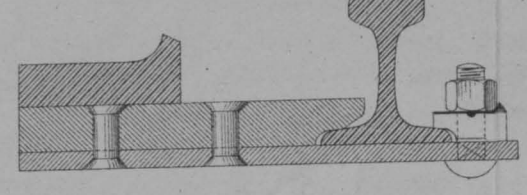
Schienen Nagel
1:5



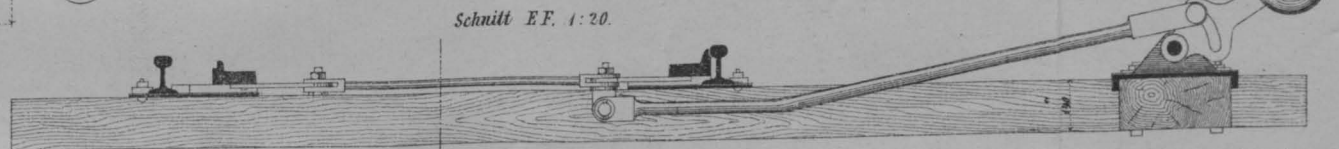
Schnitt AB. 1:5.



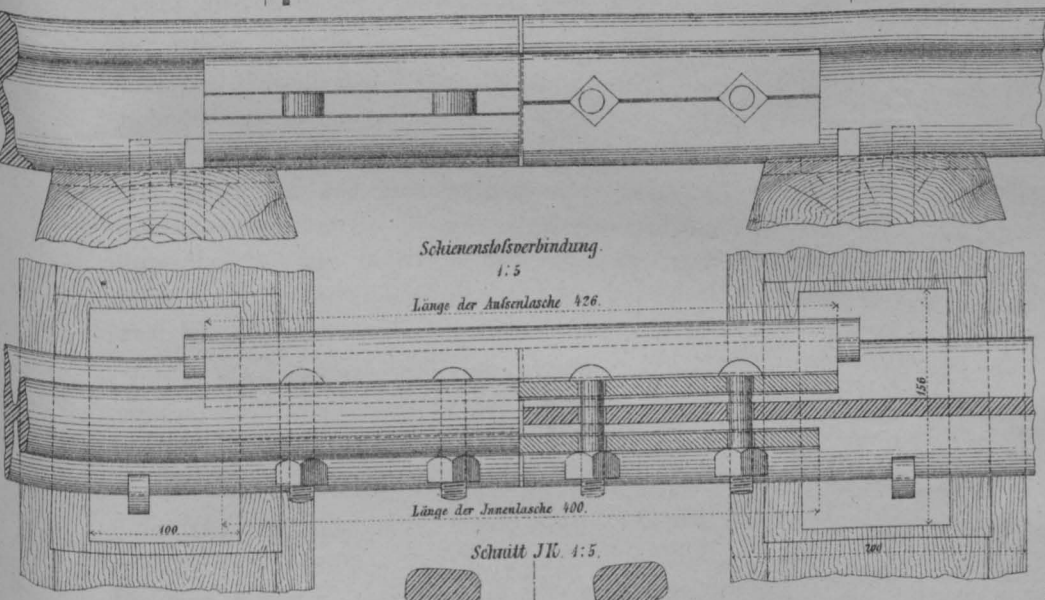
Schnitt CD. 1:5



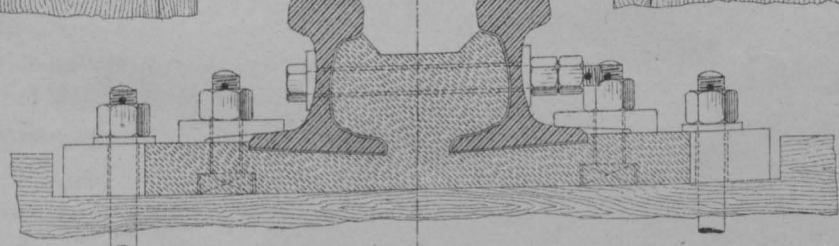
Schnitt EF. 1:20.



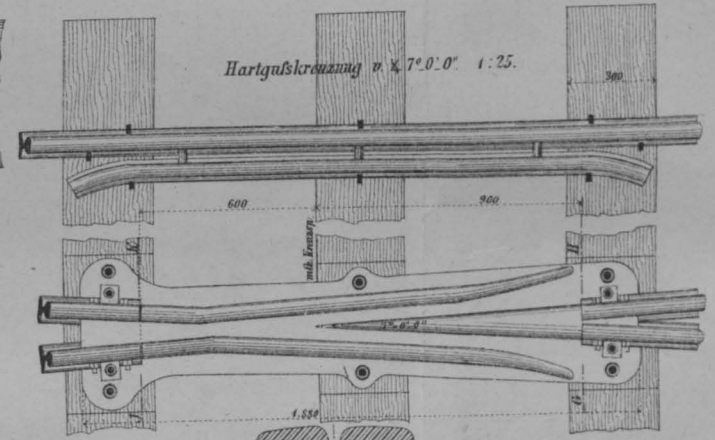
Schienenstosverbindung
1:5



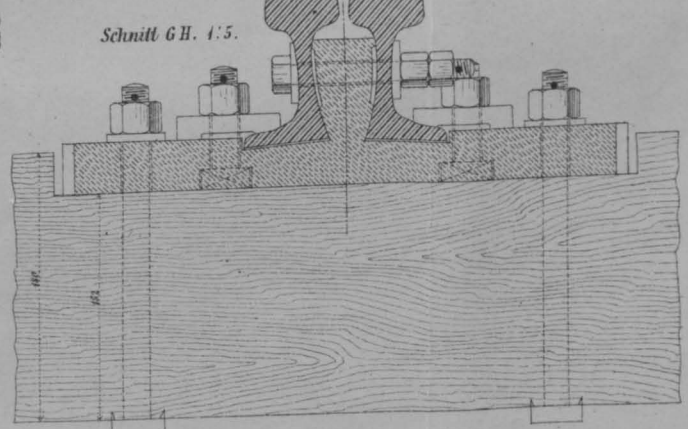
Schnitt JK. 1:5.



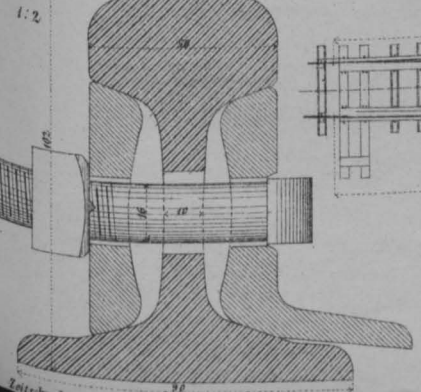
Hartgusskronung v. 7.0' 0" 1:25.



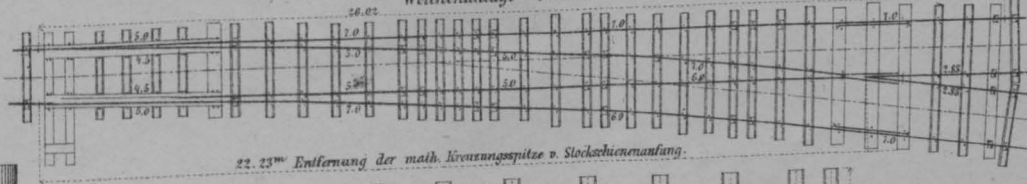
Schnitt GH. 1:5.



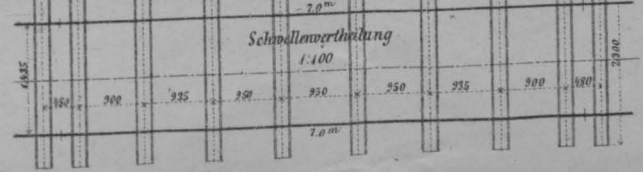
Querschnitt d. Schiene
1:2



Weichenanlage 1:200.



Schwellenverteilung
1:100



Querschnitt d. Zunge 1:2

